

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения

Специальность Управление и информатика в технических системах

Кафедра Автоматики и компьютерных систем

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА

Тема работы
Разработка импульсной системы автоматического регулирования дозировки крупнозернистых сыпучих материалов в одноканальной системе массового обслуживания с ограниченной очередью

УДК _____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8101	Яшкин П.В		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АиКС	Яковлева Е.М	К.Т.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Конотопский В.Ю	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Невский Е.С			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Фадеев А.С	К.Т.Н		

Томск – 2016г.

Планируемые результаты обучения по ооп

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания для создания и обработки новых материалов
P2	Применять глубокие знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий обработки материалов, нанотехнологий, создания новых материалов в сложных и неопределенных условиях
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты и готовность следовать корпоративной культуре организации
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт: Институт дистанционного образования
 Специальность: Управление и информатика в технических системах
 Кафедра: Кафедра автоматики и компьютерных систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

 (Подпись) _____
 (Дата) Фадеев А.С.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

дипломной работы (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)
--

Студенту:

Группа	Ф.И.О.
гр. 3-8101	Яшкин Петр Васильевич

Тема работы:

Разработка импульсной системы автоматического регулирования дозировки крупнозернистых сыпучих материалов в одноканальной системе массового обслуживания с ограниченной очередью	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№2917/с по факультету от 15.04.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:	17.06.2016 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям</i>	- ленточный конвейер - винтовой конвейер - программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК-160 - векторный частотный преобразователь ОВЕН ПЧВ - пакет математических программ MATLAB R2013a и MathCAD 15. - программный продукт CoDeSys V2.3
---	--

<p>функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плана безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>ВВЕДЕНИЕ 1. СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВИНТОВОГО КОНВЕЙЕРА 2. СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА 3. РАЗРАБОТКА КОНВЕЙЕРНОЙ СИСТЕМЫ 4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ КОНВЕЙЕРНОЙ СИСТЕМЫ 5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ. 6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗАКЛЮЧЕНИЕ СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Слайд 1. Название темы. Слайд 2. Цель и задачи. Слайд 3. Система массового обслуживания. Слайд 4. Внешний вид конвейерной системы. Слайд 5. Технологический процесс конвейерной системы. Слайд 6. Схема САР винтового конвейера. Слайд 7. Схема САР ленточного конвейера. Слайд 8. Оценка качества САР винтового конвейера. Слайд 9. Оценка качества САР ленточного конвейера. Слайд 10. Структурная схема конвейерной системы управления. Слайд 11. Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК-160. Слайд 12. Алгоритм программы технологического процесса. Слайд 13. Алгоритм программы аварийной ситуации. Слайд 14. Программа управления технологическим процессом. Слайд 15. Программа аварийной ситуации. Слайд 16. Экономическое обоснование и социальная ответственность. Слайд 17. Заключение.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
Раздел	Консультант

«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Конотопский В.Ю. доцент кафедры Менеджмента	
«Социальная ответственность»	Невский Е.С. ассистент кафедры ЭБЖ	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику		01.03.16

Задание выдал руководитель:

Должность	Ф.И.О.	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры АиКС	Яковлева Е.М.	к.т.н.		01.03.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	Ф.И.О.	Подпись	Дата
гр. 3-8101	Яшкин Петр Васильевич		01.03.16

Форма задания для раздела дипломной работы специалиста
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8101	Яшкин П.В

Институт	Электронного обучения	Кафедра	АиКС
Уровень образования		Направление/специальность	Управление и информатика в технических системах

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	...
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	...
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	...

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	...
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	...
3. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР	...
4. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	...
5. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	...

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. «Портрет» потребителя
2. Оценка конкурентоспособности ИР
3. Матрица SWOT
4. Модель Кано
5. ФСА диаграмма
6. Оценка перспективности нового продукта
7. График разработки и внедрения ИР
8. Инвестиционный план. Бюджет ИП
9. Основные показатели эффективности ИП
10. Риски ИП

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Конотопский В.Ю	к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8101	Яшкин П.В		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8101	Яшкин П.В.

Институт	Институт электронного обучения	Кафедра	Кафедра Автоматики и компьютерных систем
Уровень образования		Направление/специальность	Управление и информатика в технических системах

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность:	<p>Работа конвейерной системы обеспечивается электрическим током и сопровождается движением различных механизмов, что представляет серьезную опасность для человека. Работа конвейера создает шум и немного запыленности. Размещение, монтаж, эксплуатация и демонтаж конвейерной системы, уровни шума и запыленности должны соответствовать нормам изложенным в ПОТ Р М-029-2003.</p> <p>Электробезопасность должна быть обеспечена согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ.</p> <p>При работе конвейера периодически создается шум, превышающий предельно допустимые нормы. Уровень шума на рабочих местах должен не превышать значений, которые установлены СН 2.2.4/2.1.8.562–96.</p> <p>В процессе эксплуатации конвейерной системы безопасность зависит и от микроклимата в производственном помещении. Соблюдать микроклимат необходимо согласно нормативному документу СанПиН 2.2.4.548–96.</p> <p>Электрические приводы и щиты управления, мониторы и системные блоки производят электромагнитное излучение. Напряженность электромагнитного потока не должна превышать норм установленных СанПиН 2.2.4.1191–03.</p>
2. Экологическая безопасность:	<p>Конвейерная система автоматического дозирования с применением промышленных микроконтроллеров повышает продуктивность работы с целью уменьшения ресурсоемкости технологических процессов. Выброс в гидросферу не происходит, исходя из характера технологического процесса. Выброс пыли в атмосферу пресекается, благодаря аспирационной системе. При ремонте конвейерной системы появляются отходы в виде замененных деталей конвейера, которые в дальнейшем передаются заводу-изготовителю для утилизации или переработки без выброса в литосферу.</p>
3. Защита в чрезвычайных ситуациях:	<p>При неправильной эксплуатации конвейерной системы может возникнуть короткое замыкание, перегрев двигателя, образование искры при выходе из строя пульта управления, что может привести к возгоранию и появлению</p>

	пожара. Так же важно соблюдать требования к производственным помещениям, при несоблюдении которых может привести к пожару. Для уменьшения вероятности возникновения пожара необходимо правильно установить пожарную сигнализацию, вести качественный контроль над технологическим процессом и управляющей системой, проводить контроль над рабочими и их знаниями, своевременной и качественное проведение технических мероприятий оперативно-ремонтным персоналом.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<i>Работа конвейерной системы сопровождается появлением вредных факторов, которые негативно сказываются на здоровье рабочего. Использование СИЗ и соблюдение санитарно-гигиенических норм и дисциплины работником на рабочем месте повышает эффективность безопасности в производственном помещении. В целях избегания появления опасных факторов работникам проводятся инструктажи по ОТ, ПБ, ЭБ на предприятии с дальнейшей проверкой знаний в виде экзаменов и беседы.</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	24.05.2016
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Невский Е. С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8101	Яшкин П.В.		

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики

Кафедра автоматизации и компьютерных систем

Направление 220201-«Управление и информатика в технических системах»

Уровень образования – специалист

Период выполнения – осенний/весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Дипломная работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	17.06.2016 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2016 г.	Основная часть	75
20.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
20.05.2016г.	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель доцент кафедры АИКС	Яковлева Е.М.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Фадеев А.С.	к.т.н.		

РЕФЕРАТ

Дипломная работа содержит 97 страниц текста, 52 рисунков, 10 таблиц, 17 литературных источников.

Цель работы — разработка импульсной системы автоматического регулирования дозировки крупнозернистых сыпучих материалов в одноканальной системе массового обслуживания с ограниченной очередью.

В процессе выполнения дипломной работы использовался пакет математических программ Mathcad и Matlab R2013a, программное обеспечение CoDeSys V2.3 и Microsoft Office, установленные на персональный компьютер с ОС Windows 7 x64. Результатами данного проекта являются выбранные функциональные блоки системы с их техническими характеристиками, которые можно использовать в реальных системах, а так же разработанное программное обеспечение, для реализации работы данной системы в автоматическом режиме.

Данная система предназначена для сельскохозяйственной промышленности с целью дозирования зерна в тару и дальнейшей ее транспортировки.

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ	10
ОГЛАВЛЕНИЕ	11
ВВЕДЕНИЕ.....	14
1 СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВИНТОВОГО КОНВЕЙЕРА	15
1.1 Частота вращения винта и его геометрические параметры	15
1.2 Выбор и расчет передаточной функции винтового конвейера	16
1.3 Выбор и расчет передаточной функции усилителя	18
1.4 Мощность привода винтового конвейера	19
1.5 Выбор и расчет передаточной функции двигателя винтового конвейера	19
1.6 Выбор тензодатчика и расчет его передаточной функции	22
1.7 Расчет передаточной функции задающего устройства.....	24
1.8 Оценка качества системы	24
1.9 ЛАФЧХ системы	25
1.10 Выбор и расчет корректирующего устройства.....	26
2 СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА	30
2.1 Выбор конструкции опорных устройств и параметров ленты.....	31
2.2 Тяговый расчет конвейера.....	32
2.3 Выбор электрического привода ленточного конвейера	35
2.4 Расчет электрического двигателя	36
2.5 Оборудование схемы управления ленточным конвейером.....	37
2.6 Передаточная функция тягового элемента ленточного конвейера	42
2.7 Передаточная функция обратной связи ленточного конвейера.....	43
2.8 Оценка качества системы	43
2.9 ЛАФЧХ системы	44
3 РАЗРАБОТКА КОНВЕЙЕРНОЙ СИСТЕМЫ.....	45
3.1 Датчик контроля схода ленты	46
3.2 Датчики экстренной остановки конвейера	46
3.3 Датчики контроля разрыва ленты.....	47
3.4 Фотодатчик положения груза.....	48
3.5 Аспирационная система	49
3.6 Структурная схема конвейерной системы	50
4 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ КОНВЕЙЕРНОЙ СИСТЕМЫ	52

4.1 Алгоритм программы аварийной ситуации	52
4.2 Алгоритм программы технологического процесса	54
4.3 Написание программы	56
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	62
5.1 Организация и планирование работ	62
5.1.1 Продолжительность этапов работ	64
5.1.2 Расчет накопления готовности проекта	69
5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	70
5.2.1 Расчет затрат на материалы	71
5.2.2 Расчет заработной платы	71
5.2.3 Расчет затрат на социальный налог	72
5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию	73
5.2.5 Расчет амортизационных расходов	74
5.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)	75
5.2.7 Расчет прочих расходов	75
5.2.8 Расчет общей себестоимости разработки	75
5.2.9 Расчет прибыли	76
5.2.10 Расчет НДС	76
5.2.11 Цена разработки ВКР	77
5.3 Оценка экономической эффективности проекта	77
5.3.1 Определение срока окупаемости инвестиций (PP – payback period)	77
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	79
6.1 Производственная безопасность	79
6.1.1 Электробезопасность	80
6.1.2 Требования к подвижным частям производственного оборудования и передвигающимся частям	81
6.1.3 Требования к запыленности	82
6.1.4 Требования к шуму в помещениях	82
6.1.5 Требования, предъявляемые к производственным помещениям и микроклимату в них	83
6.1.6 Требования к уровню электромагнитных полей	84
6.1.7 Требования к размещению конвейеров	85
6.1.8 Требования к системе управления	86
6.1.9 Возможные опасности	87

6.2 Экологическая безопасность.....	89
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	89
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	90
6.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	90
6.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	93
CONCLUSION	94
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	95

ВВЕДЕНИЕ

Многие отрасли промышленности нуждаются в качественном и высокотехнологичном оборудовании, управление которым осуществляется микропроцессорными устройствами. Управляющие системы способны исключить негативное воздействие человеческого фактора, которое может привести к несчастным случаям или отрицательному экономическому эффекту. Использование программирование логических контроллеров положительно скажется на качестве и объеме выпускаемой продукции.

Целью данной ВКР является разработка импульсной системы автоматического регулирования дозировки крупнозернистых сыпучих материалов в одноканальной системе массового обслуживания с ограниченной очередью, которая в дальнейшем может применяться в разных отраслях промышленности.

Для достижения данной цели решены следующие задачи.

1. Рассчитаны и подобраны реальные составляющие части системы.
2. Разработана САР конвейерной системы.
3. Разработано программное обеспечение для выполнения технологического процесса данной САР.

1 СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВИНТОВОГО КОНВЕЙЕРА

На предприятиях пищевой промышленности винтовые конвейеры применяют для транспортирования пылевидных, порошкообразных и (реже) мелкокусковых насыпных грузов на сравнительно небольшое расстояние. В нашем случае мы используем винтовой конвейер для транспортирования зернового продукта.

Конвейеры выполняют горизонтальными или пологонаклонными под углом до 20° и вертикальными или крутонаклонными. Для удобства проведения технологического процесса целесообразно выбрать пологонаклонный конвейер.

Горизонтальный (рисунок 1), как и пологонаклонный винтовой конвейер, состоит из расположенного в подшипниках 5, 8, 10 продольного вала 11 с укрепленными на нем винтовыми витками, желоба 7 с полуцилиндрическим днищем, в котором винт размещен соосно, и привода, вращающего винт. Насыпной груз подается в желоб через один или несколько патрубков 9 в его крышке и при вращении винта скользит вдоль желоба. Разгрузка желоба производится через один или несколько патрубков 12, 13 в днище, снабженных затворами.

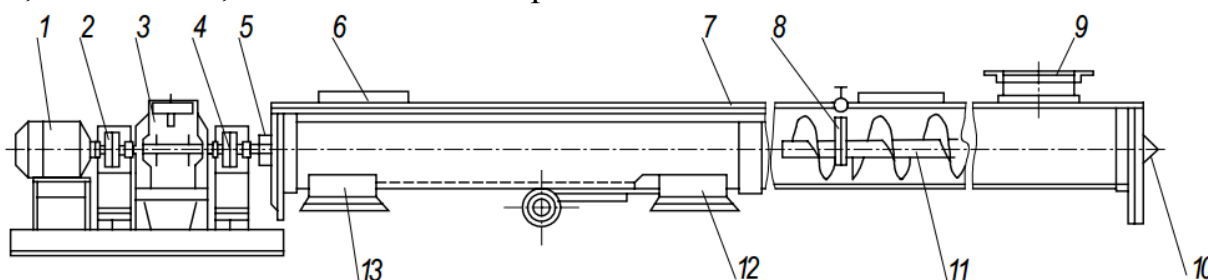


Рисунок 1. Горизонтальный винтовой конвейер

- 1 – электродвигатель; 2, 4 – соединительные муфты; 3 – редуктор;
5 – головной подшипник; 6 – смотровой люк; 7 – желоб;
8 – промежуточный подшипник; 9 – загрузочный патрубок; 10 – задний подшипник; 11 – вал с винтом; 12 – промежуточный разгрузочный патрубок; 13 – передний разгрузочный патрубок

1.1 Частота вращения винта и его геометрические параметры

Частоту вращения винта пологонаклонных конвейеров выбираем из следующего ряда: 6,0; 7,5; 9,5; 11,8; 15; 19; 23,6; 30; 37,5; 60; 75; 95; 118; 150; 190; 236; 300 мин^{-1} . Частота вращения винта во многом определяется характеристикой транспортируемого груза, для зерна выбираем 30 мин^{-1} .

Принятая на практике угловая скорость для зерна $\omega_{\text{в}}=(5\ldots 10) \text{ с}^{-1} = 9,5 \text{ с}^{-1}$. Рабочую поверхность винта выбираем сплошной.

Найдем предварительное значение диаметра винта $D_{\text{в}}$, м, по приближенной формуле

$$D_{\text{в}} = 1,3 \sqrt[3]{\frac{Q}{\omega_{\text{в}} \psi \rho k_{\beta} k_{\rho}}}, \quad (1.1)$$

где $Q = 18 \text{ т/ч} = 5 \text{ кг/с}$ – производительность, кг/с; $\psi = 0,45$ – коэффициент наполнения желоба конвейера для легкоподвижных грузов (муки, зерна); $\rho = 700$ – насыпная плотность, кг/м³; $k_{\rho} = p_{\text{в}} / D_{\text{в}}$ – коэффициент шага винта; $k_{\rho} = 0,8$ при $\beta > 0$; k_{β} – коэффициент, учитывающий снижение производительности от угла наклона β конвейера; при $\beta = 0; 5; 10; 15; 20; 30; 40^{\circ}$ соответственно $k_{\beta} = 1; 0,9; 0,8; 0,7; 0,65; 0,58; 0,52$. В нашем случае $\beta = 20^{\circ}$, следовательно, $k_{\beta} = 0,65$.

$$D_{\text{в}} = 0,192 \text{ м}. \quad (1.2)$$

Исходя из полученного значения $D_{\text{в}}$, его назначают в соответствии с рядом диаметров 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63 и 0,8 м, в нашем случае $D_{\text{в}} = 0,2 \text{ м}$. Далее проверяем по соотношению

$$D_{\text{в}} \geq (4 \ldots 10)a, \quad (1.3)$$

где $a = 0,004 \text{ м}$ – размер куса груза. Следовательно, $0,192 > 0,028 \text{ м}$. Шаг винта для хорошо сыпучих грузов $p_{\text{в}} = 0,8D_{\text{в}} = 0,153 \text{ м}$. Подставляя определенные выше значения $D_{\text{в}}$ и $p_{\text{в}}$ в выражение для производительности, уточняем частоту вращения

$$\omega_{\text{в}} = \frac{Q}{0,45 D_{\text{в}}^2 \psi p_{\text{в}} k_{\beta}} = 9,609 \text{ с}^{-1}, \quad (1.4)$$

которую сравниваем с критическим значением угловой скорости винта $\omega_{\text{кр}}$:

$$\omega_{\text{кр}} = K / \sqrt{D_{\text{в}}} = 14,384 \text{ с}^{-1}, \quad (1.5)$$

где $K = 6,3$.

Так как $\omega_{\text{в}} < \omega_{\text{кр}}$, то параметры винта можно считать определенными.[1]

1.2 Выбор и расчет передаточной функции винтового конвейера

Выбранный винтовой конвейер является стационарным.

Критерии выбора данного конвейера:

- условия эксплуатации, отвечающие требованиям технического задания;
- простота конструкции;
- оптимальные размеры конвейера.

Он состоит из винта в качестве рабочего органа, желоба, загрузочного и разгрузочного окна.

Конвейер АРМАТА193 предназначен для транспортирования зерна. Перемещение зерна в винтовом конвейере осуществляется двигатель-редуктором по принципу поступательного движения за счет вращательного движения винта в желобе.

Технические характеристики:

— длина конвейера, мм	6300;
— диаметр винта, мм	320;
— шаг винта, мм	210;
— число подшипниковых опор – 3 (2 концевые и 1 промежуточная);	
— тип подшипников – подшипники скольжения;	
— производительность, т/ч	18;
— мощность двигатель-редуктора, кВт	4;
— число оборотов вала, об/мин	30

Найдем передаточную функцию винтового конвейера. Производительность винтового конвейера: 18 т/ч = 300 кг/мин. Число оборотов: 30 об/мин. Если на вход конвейера подать ступенчатое воздействие, а на выходе датчика снимать электрический сигнал, то таким образом можно получить переходную функцию винтового конвейера.

При изменении входного воздействия (скорости вращения винтового конвейера) с 0 до 30 об/мин количество транспортированного вещества увеличится с 0 до $300/30 = 10$ кг/об. Количество лопастных винтов по всей длине желоба: $6300/210 = 30$; Скорость вала: 30 об/мин. Значит, изменение расхода произойдет за 1 минуту (прохождение груза по желобу от начала до конца за 30 оборотов).

Передаточная функция конвейера является передаточной функцией апериодического звена:

$$W_k(s) = \frac{k_k}{T \cdot s + 1}, \quad (1.7)$$

где: k_k – коэффициент конвейера, кг/об; T – постоянная времени конвейера, характеризующая инерционность звена, с.

Коэффициент усиления конвейера (звена):

$$k := 10; \quad (1.8)$$

Входная величина:

$$\text{hin}(t) := 1, \quad (1.9)$$

$$\text{hkas}(t) := \frac{1}{2}t \quad (1.9)$$

Переходная функция аperiodического звена:

$$h(t) := h_{in}(t) \cdot K \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)$$

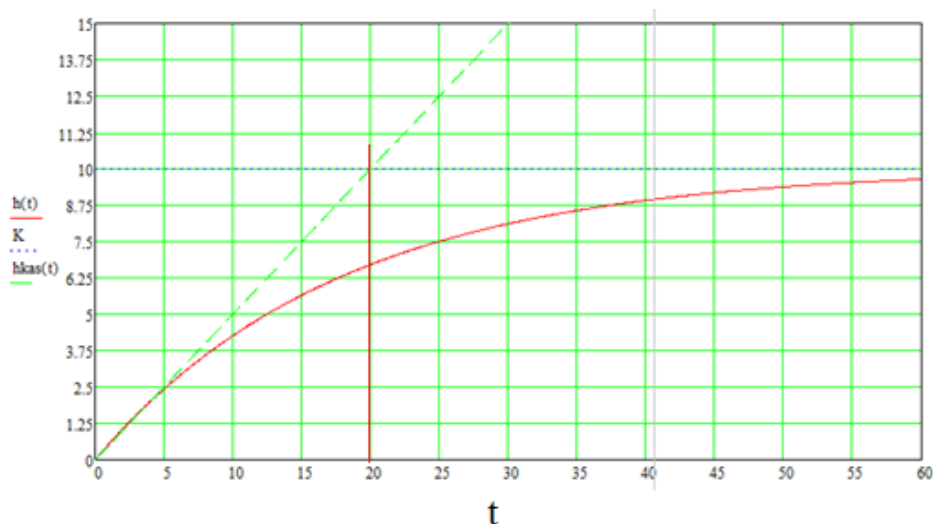


Рисунок 2. График переходного процесса

Проводя касательную, которая пересекается на отметке $K=10$ кг/об, определяем $T=20$. Передаточная функция вращения винтового конвейера имеет вид:

$$W_{\kappa}(s) = \frac{10}{20 \cdot s + 1} \quad (1.10)$$

1.3 Выбор и расчет передаточной функции усилителя

В качестве усилителя возьмем полупроводниковый электронный усилитель УМ ХАМЕЛЕОН 1000 G, выполненный на основе транзисторов IRF3710-IRF5210.

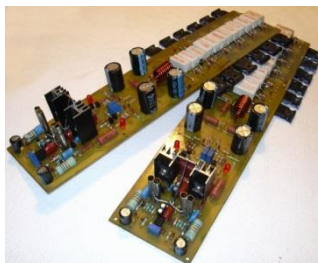


Рисунок 3. УМ ХАМЕЛЕОН

Плюсы данного усилителя:

- простота конструкции;
- широкий диапазон коэффициента усиления;

- низкий уровень помех;
- условия эксплуатации, отвечающие требованиям технического задания.

Передаточная функция электронного усилителя:

$$W_y(p) = k_y. \quad (1.11)$$

Коэффициент k_y определим как отношение выходного сигнала устройства к входному:

$$k_y = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}, \quad (1.12)$$

где: $U_{вых}$ – напряжение, необходимое для управления работой электродвигателя: $U_{вых} = U_{уп} = 220\text{В}$; $U_{вх}$ – уровень сигнала (напряжение), поступающего на усилитель с выхода сумматора: $U_{вх} = U_{\delta} = 6,25\text{В}$.

Таким образом, получили передаточную характеристику электронного усилителя:

$$W_y(p) = \frac{220}{6,25} = 35,2. \quad (1.13)$$

1.4 Мощность привода винтового конвейера

В процессе работы горизонтального и пологонаклонного винтового конвейера энергия привода в основном расходуется на преодоление сил трения: груза о кожух; груза о винт; в промежуточных и концевых подшипниках. На практике для определения затрачиваемой мощности на перемещение более применимо выражение

$$P_{дв} = \frac{g_k Q L}{3600} (\omega + \sin \beta) k_{\beta} = 1,274 \text{ кВт}, \quad (1.14)$$

где $Q = 18$ – производительность, т/ч; $g_k = 153$; $D_{в} = 29,44$ – погонная масса вращающихся частей конвейера, кг/м; $L = 6,3$ – длина горизонтальной проекции перемещения груза, м; $k_{\beta} = 0,65$ – коэффициент снижения производительности от угла наклона $\beta = 20$; $\omega = 1,2$ – обобщенный коэффициент сопротивления передвижению груза.

1.5 Выбор и расчет передаточной функции двигателя винтового конвейера

Исходя из технического задания и параметров системы, выбрали из справочника по электрическим машинам асинхронный двигатель переменного тока АИР 90L2/2800 и редуктор Ц2Ч100М.



Рисунок 4. АИР 90L2



Рисунок 5. Редуктор Ц2Ч

Критерии выбора данного двигателя:

- оптимальная мощность на валу двигателя, совпадающая с мощностью, требуемой для вращения винтового конвейера;
- условия эксплуатации, отвечающие требованиям технического задания;
- оптимальные размеры двигателя.

Технические характеристики двигателя АИР 90L2/2800:

- | | |
|----------------------------------|---|
| — номинальная мощность | $P_{\text{НОМ}} = 3 \text{ кВт};$ |
| — номинальное напряжение питания | $U_{\text{НОМ}} = 220 \text{ В};$ |
| — номинальная частота вращения | $n_{\text{НОМ}} = 3000 \text{ об/мин};$ |
| — номинальный момент вращения | $M_{\text{НОМ}} = 4,45 \text{ Н*м};$ |
| — номинальный ток | $I_{\text{НОМ}} = 6,3 \text{ А};$ |
| — момент инерции нагрузки | $J_{\text{н}} = 0,245 \text{ кг*м}^2;$ |
| — момент инерции двигателя | $J_{\text{дв}} = 0,15 \text{ кг*м}^2;$ |
| — сопротивление ротора | $R = 0,79 \text{ Ом};$ |
| — индуктивность ротора | $L = 0,011 \text{ Гн}.$ |

Передаточную функцию электродвигателя найдем из системы уравнений:

$$U = LpI + RI + E, \quad (1.15)$$

$$M = M_c, \quad (1.16)$$

где: L - индуктивность ротора, Гн; R - сопротивление ротора, Ом; U - напряжение подведенное к ротору, В; I - ток в роторе, А; E - Э.Д.С. ротора двигателя, В; M и M_c - вращающий момент и момент сопротивления на двигателе.

Электродвижущая сила двигателя пропорциональна скорости вращения ротора:

$$E = C_e \cdot \omega, \quad (1.17)$$

а вращающий момент пропорционален току якоря:

$$M = C_m \cdot I, \quad (1.18)$$

где: C_e – электрическая постоянная двигателя, В*с/рад; C_m – механическая постоянная двигателя, Н*м/А.

Будем считать, что двигатель нагружен только динамическим моментом, обусловленным механической инерцией ротора, то есть:

$$M_c = J p \omega, \quad (1.19)$$

где J – динамический момент инерции двигателя, кг*м².

Подставив значения E , M и M_c в приведенные выше уравнения и исключив I , получим:

$$\frac{J \cdot L}{C_e \cdot C_m} \cdot p^2 \omega + \frac{J \cdot R}{C_e \cdot C_m} \cdot p \omega + \omega = \frac{1}{C_e} \cdot U. \quad (1.20)$$

Умножив числитель и знаменатель коэффициента при $p \omega$, в последнем уравнении на R , получим передаточную функцию электродвигателя:

$$W_{\text{дв}}(s) = \frac{\omega(s)}{U(s)} = \frac{k_{\text{дв}}}{T_{\text{э}} T_{\text{м}} \cdot s^2 + T_{\text{м}} \cdot s + 1}, \quad (1.21)$$

где: $T_{\text{м}}$ – механическая постоянная времени двигателя, с; $T_{\text{э}}$ – электрическая постоянная времени двигателя, с; $K_{\text{дв}}$ – коэффициент двигателя, рад/В*с.

Произведем вычисления, подставив численные значения из паспортных данных двигателя:

$$C_e = \frac{U_{\text{НОМ}} - I_{\text{НОМ}} \cdot R}{\omega_{\text{НОМ}}} = \frac{U_{\text{НОМ}} - I_{\text{НОМ}} \cdot R}{n_{\text{НОМ}} \cdot \frac{\pi}{30}} = 0,684 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}; \quad (1.22)$$

$$C_m = \frac{M_{\text{НОМ}}}{I_{\text{НОМ}}} = 0,71 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{А}}; \quad (1.23)$$

$$k_{\text{дв}} = \frac{1}{C_e} = 1,46 \frac{\text{рад}}{\text{В} \cdot \text{с}}; \quad (1.24)$$

$$J = J_{\text{дв}} + J_{\text{н}} = 0,395 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad (1.25)$$

$$T_{\text{м}} = \frac{J \cdot R}{C_e \cdot C_m} = 0,646 \text{ с}; \quad (1.26)$$

$$T_{\text{э}} = \frac{L}{R} = 0,014 \text{ с}. \quad (1.27)$$

Тогда получим передаточную функцию электродвигателя, записанную в стандартном виде:

$$W_{\partial\partial}(s) = \frac{1.46}{0.014 \cdot 0.646 \cdot s^2 + 0.646 \cdot s + 1}; \quad (1.28)$$

$$W_{\partial\partial}(s) = \frac{1.46}{0.009044 \cdot s^2 + 0.646 \cdot s + 1}. \quad (1.29)$$

1.6 Выбор тензодатчика и расчет его передаточной функции

В качестве датчика обратной связи был выбран тензодатчик ВМИУ.408854.003.

Он предназначен для непрерывного преобразования давления (силы) в электрический выходной сигнал.

Технические характеристики:

— диапазон преобразуемой силы, Н	0...607(60,7 кг);
— диапазон выходного сигнала, В	0...6,25;
— рабочий диапазон температуры окружающей среды, °С	-50...+80;
— напряжение питания, В	6,25;
— сопротивление моста, Ом	$350 \pm 2,5$

В качестве датчика обратной связи был выбран тензодатчик ВМИУ.408854.003, он предназначен для непрерывного преобразования давления (силы) в электрический выходной сигнал.

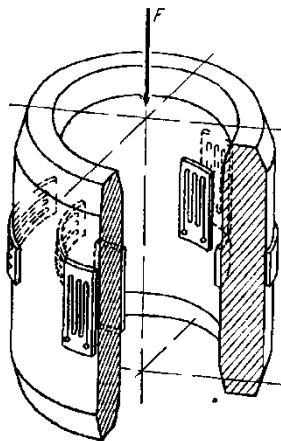


Рисунок 6. Трубчатый чувствительный элемент

При напряжении чувствительный элемент сжимается, причем в соответствии с коэффициентом Пуассона одновременно увеличивается его периметр. Тензометрические резисторы, наклеенные на чувствительный элемент в области однородного силового поля, включают в схему моста Уитстона так, что в двух противоположных его плечах оказываются тензометрические резисторы, решетки которых направлены вдоль оси стержня или перпендикулярно ей.

Выходное напряжение пропорционально относительной деформации, а деформация, в соответствии с законом Гука, пропорциональна нагрузке стержня. Кроме тензометрических резисторов, в схема моста Уитстона имеет дополнительные схемные элементы, необходимые для компенсации различных зависящих от температуры эффектов, таких, например, как изменение модуля упругости и теплового расширения материала чувствительного элемента, нестабильность нуля, линеаризации характеристики динамометра, а также изменения чувствительности тензометрического резистора.



Рисунок 7. Тензорезистор

Технические характеристики тензорезистора ВМИУ.408854.003:

— диапазон преобразуемой силы, Н	0...607;
— диапазон выходного сигнала, В	0...6,25;
— рабочий диапазон температуры окружающей среды, °С	-50...+80;
— напряжение питания, В	6,25;
— сопротивление моста, Ом	$350 \pm 2,5$

Схемы моста Уитстона всегда используют в динамометрах, содержащие, как минимум, четыре активных тензометрических резистора. В мощных или сложных динамометрах следует использовать в одной измерительной цепи больше тензометрических резисторов. Сопротивление моста в выпускаемых динамометрах составляет от 0,12 до 0,6 кОм, в отдельных случаях—до 4 кОм. Наиболее благоприятным значением сопротивления моста следует считать 0,35 кОм. Электрическая мощность моста определяется:

$$P_{\Sigma} = \frac{U^2}{R}, \quad (1.30)$$

где: U – напряжение питания, равное напряжению в диагонали моста, В; R – сопротивление моста, $R=350$ Ом.

Мощность механических воздействий равна:

$$P_M = \frac{m \cdot g \cdot S}{t} = S \cdot g \cdot Q, \quad (1.31)$$

где: S – деформация чувствительного элемента, $S=0.18$ мм; g – ускорение свободного падения, $g=9.81$ м/с²; Q – расход мела, кг/с;

Следовательно, характеристика тензодатчика имеет вид:

$$U(Q) = \sqrt{S \cdot g \cdot R \cdot Q}; \quad (1.32)$$

$$U(Q) = 0.8 \cdot \sqrt{Q}; \quad (1.33)$$

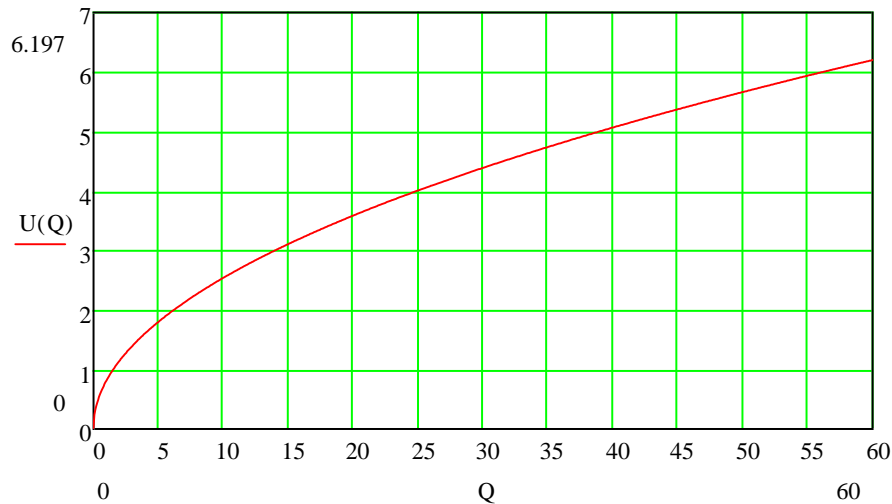


Рисунок 8. Характеристика тензорезисторного датчика

Найдем передаточную функцию тензодатчика:

$$W_d(p) = k_d. \quad (1.34)$$

Коэффициент k_d определим как отношение выходного сигнала устройства к входному:

$$k_d = \frac{U_d}{Q}, \quad (1.35)$$

где: U_d – напряжение на выходе тензодатчика, В; Q – масса мела, действующая на датчик, кг.

Таким образом, получили передаточную функцию тензодатчика:

$$W_d(p) = \frac{6,25}{60,7} = 0,103 \frac{B}{кг}. \quad (1.36)$$

1.7 Расчет передаточной функции задающего устройства

Задающим устройством является источник питания с выходным сигналом 6,25 В, значит, передаточная функция имеет вид:

$$W_{\pi}(p) = U_{\pi} = 6,25. \quad (1.37)$$

1.8 Оценка качества системы

В пакете Matlab создаем структурную схему управления винтовым конвейером при помощи Simulink

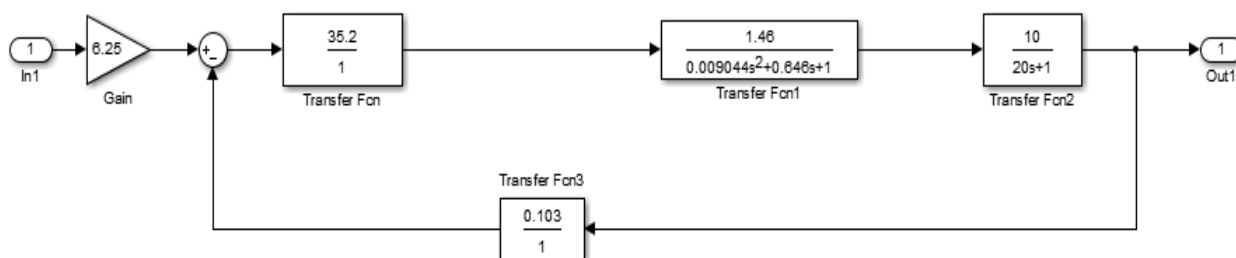


Рисунок 9. САР винтового конвейера

Запускаем схему и снимаем

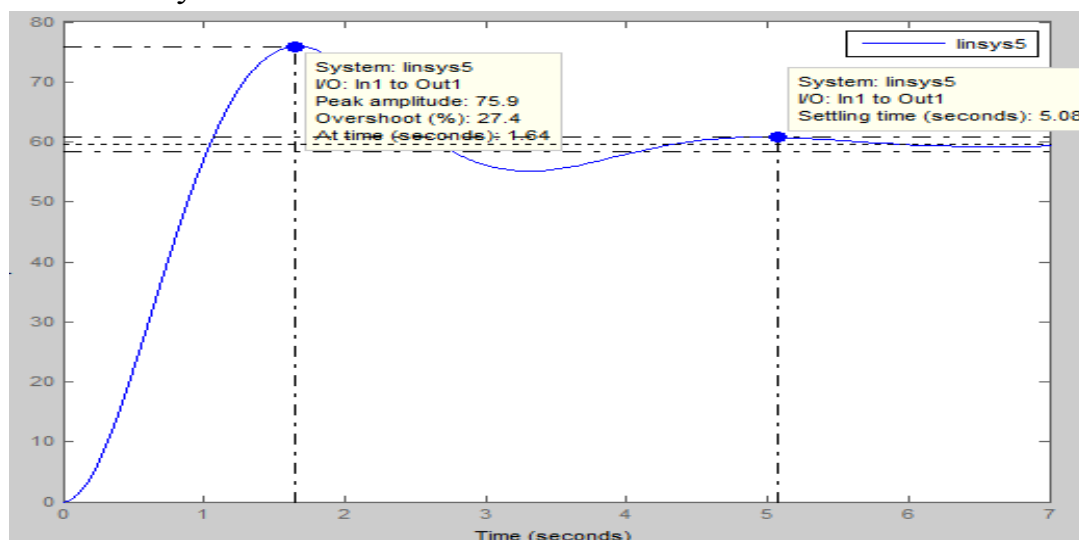


Рисунок 10. Переходная характеристика

Из графика переходной характеристики видно, что время регулирования составляет 5.08 секунд. По заданию $t_r < 4$ с. Остальные значения показателей качества находятся в пределах допустимого.

1.9 ЛАФЧХ системы.

ЛАЧХ и ЛФЧХ строится исходя из того, что система будет разомкнутой:

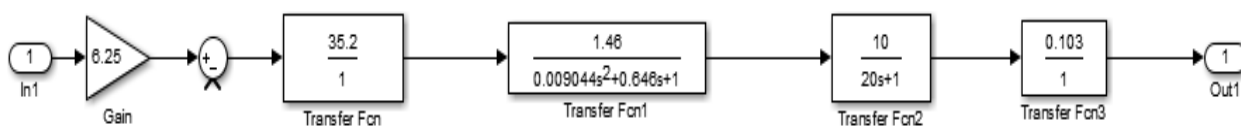


Рисунок 11. САР разомкнутой системы

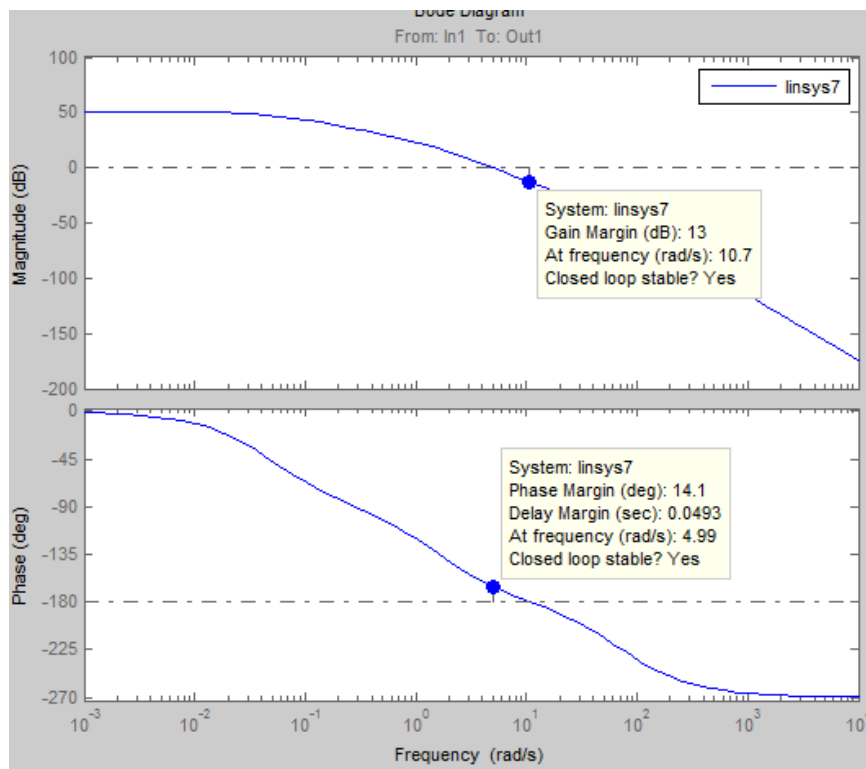


Рисунок 12. ЛАЧХ и ЛФЧХ

1.10 Выбор и расчет корректирующего устройства

В ходе анализа корректирующих устройств было выбрано последовательное корректирующее устройство. Оно включается в цепь звеньев с неизменяемыми параметрами и служит для непосредственного преобразования сигналов управления.

С помощью включения последовательного корректирующего устройства ЛАЧХ неизменяемой части превращается в желаемую ЛАЧХ и ЛФЧХ.

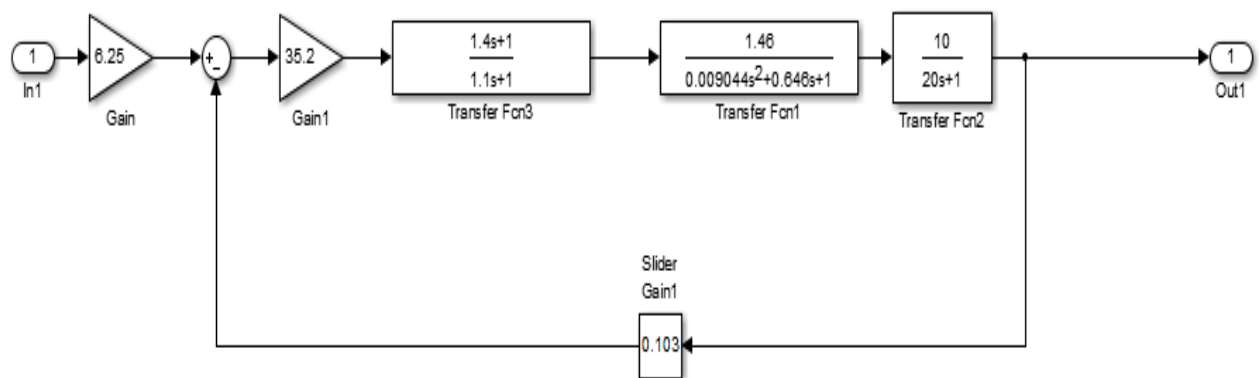


Рисунок 13. САР с корректирующим устройством

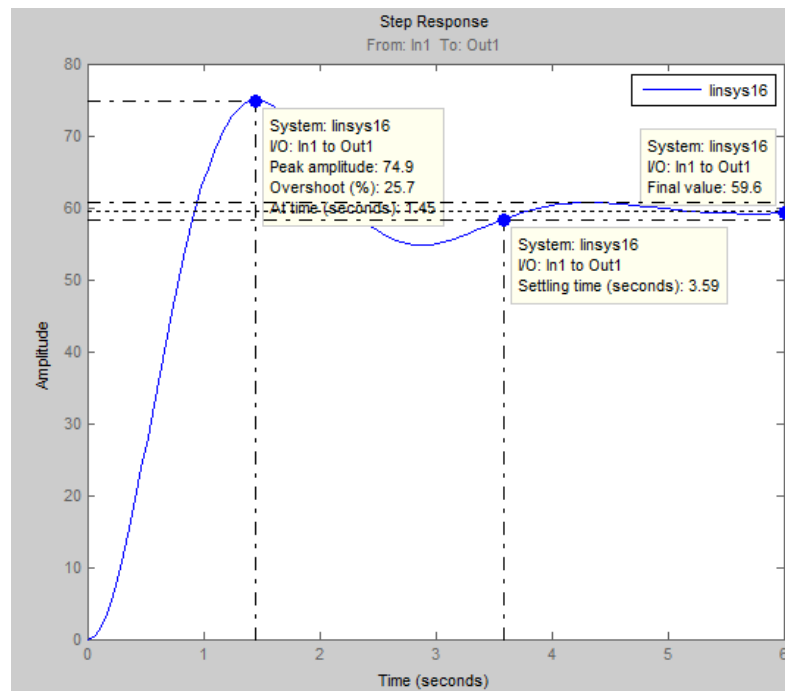


Рисунок 14. Скорректированная переходная характеристика.

- допустимое значение перерегулирования, % $25,7 < 35$;
- допустимое время регулирования, с $3,59 < 4$;

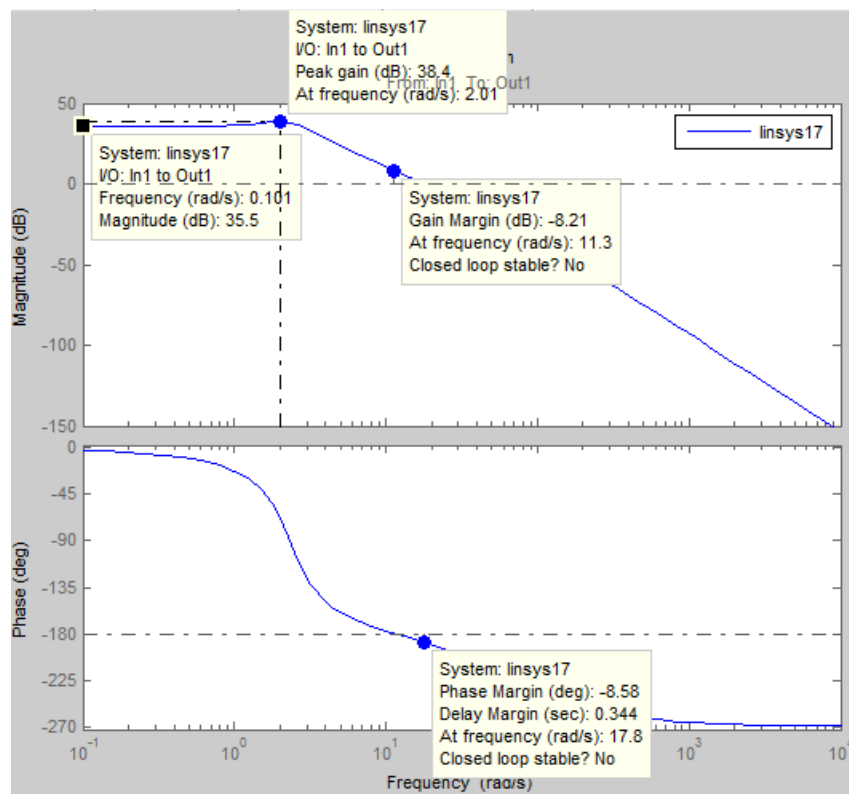


Рисунок 15. ЛАЧХ и ЛФЧХ после корректирования

- допустимое значение показателя колебательности $1,08 < 1,4$;

Показатель колебательности M – определяется по замкнутой системе и представляет собой отношение максимальной амплитуды $A(\omega_p)$ на резонансной ω_p частоте к амплитуде $A(0)$. $M=A(\omega_p)/A(0)=38,4/35,5 = 1,08$

В замкнутом состоянии САУ устойчива. Устойчивость достигается смещением вниз среднечастотной части ЛФЧХ, поэтому данный прием называется демпфированием с подавлением средних частот. Его применяют наиболее часто.

Передаточная функция корректирующего устройства имеет вид:

$$W_{\text{кв}}(s) = \frac{(T_2 \cdot s + 1)}{(T_1 \cdot s + 1)} ; \quad (1.38)$$

где: $T_2 = 1,4\text{с}$; $T_1 = 1,1\text{с}$;

Определим параметры корректирующего звена. Для расчета емкостей и сопротивлений корректирующего звена, произвольно задается один из параметров этого звена.

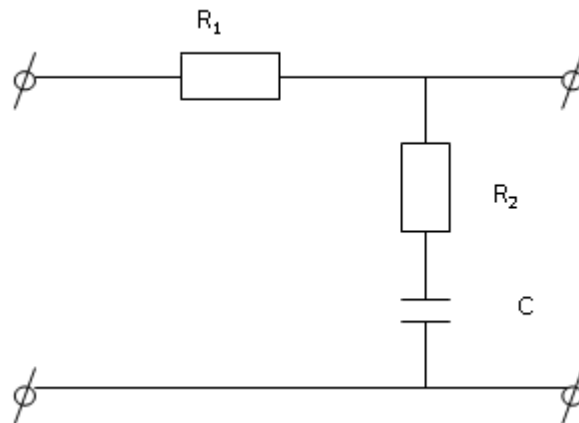


Рисунок 16. Электрическая схема корректирующей RC-цепочки

$$T_1=(R_1+R_2)*C; T_2=R_2*C;$$

Примем $R_2=2000 \text{ Ом}$;

$$C=T_2/R_2=1,4/2000=0,0007 = 700 \text{ мкФ};$$

$$R_1=(T_1/C)-R_2=(1,1/0,0007)-2000= 428 \text{ Ом}$$

Для коррекции системы используется пассивное корректирующее устройство последовательного типа, поскольку оно обеспечивает наиболее простую схему включения, не требует сложных элементов для согласования, передает значительные величины управляющих сигналов (тока, напряжения), кроме того, расширяет полосу пропускания частот при наличии дифференцирующих звеньев в цепи регулирования, что позволяет передавать большую мощность сигнала. Включение корректирующего устройства между усилителем сигнала и электродвигателем является наиболее оптимальным. Усилитель обеспечивает необходимый по мощности уровень сигнала, кроме того, малое выходное сопротивление транзисторного

усилителя позволяет легко согласовать его с RC-цепочкой корректирующего звена и практически без потерь передать сигнал. Такое включение не усложняет цепь обратной связи, что благоприятно сказывается на быстродействии системы. [2]

2 СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Ленточные конвейеры являются наиболее распространенным типом транспортирующих машин непрерывного действия во всех отраслях промышленности. В пищевой промышленности они используются для транспортирования разнообразных сыпучих (зерна, свеклы, свекловичной стружки, жмыха и др.) и штучных грузов (мешков, коробок, ящиков и др.). В нашем случае мы используем ленточный конвейер для транспортирования штучных грузов.

Ленточные конвейеры отличаются высокой производительностью, простотой конструкции, малой материалоемкостью, надежностью в работе и удобством в эксплуатации, относительно небольшим расходом энергии. Ленточный конвейер, схема представлена на рисунке 17, состоит из замкнутой гибкой ленты 1, огибающей ведущий (приводной) 2 и хвостовой (поворотный) 3 барабаны. Электродвигатель приводит во вращение барабан ленточного конвейера через редуктор. За счет трения тяговое усилие передается от барабана на ленту. Барабаны 4 являются вспомогательными, отклоняющими ленту. Благодаря барабанам увеличивается угол охвата приводного и поворотного барабанов лентой, что улучшает условия сцепления ленты с поверхностями этих барабанов и уменьшает пробуксовку ленты. Натяжение ленты осуществляется натяжным устройством 9, расположенным в данной схеме, на хвостовом барабане. Часть ленты, на которой располагается груз, называется рабочей, а свободная от транспортируемого материала – порожней ветвью. Лента поддерживается роликовыми опорами 5 на грузовой ветви и 6 на порожней ветви, установленными на раме 7. Материал подается на ленту и перемещается к разгрузочному концу конвейера. Грузонесущая ветвь ленты конвейера в поперечном сечении имеет плоскую форму. Не грузонесущая ветвь – всегда плоская.

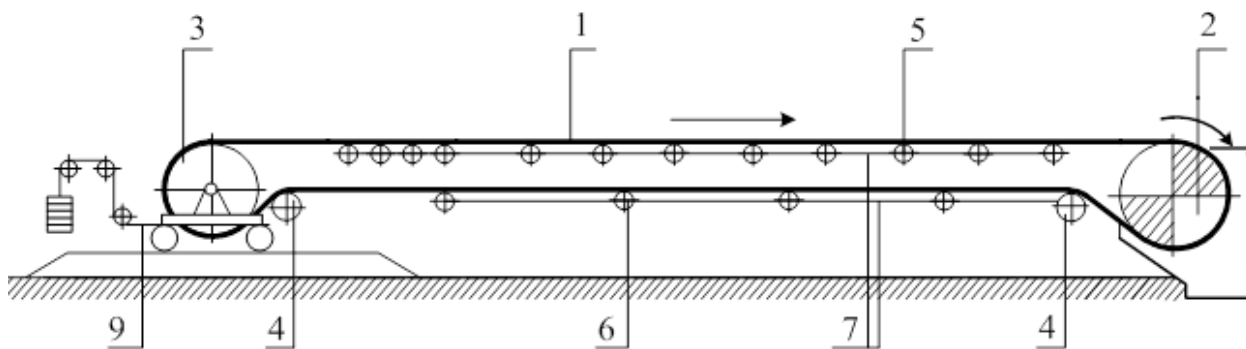


Рисунок 17. Ленточный конвейер

2.1 Выбор конструкции опорных устройств и параметров ленты

Для тяжелых штучных грузов (более 20 кг) расстояние между роликовыми опорами не должно превышать $1/2$ длины груза, в нашем случае

$$l_r = \frac{400}{2} = 200 \text{ мм.} \quad (2.1)$$

Во всех случаях для холостой ветви ленты

$$l_x = 2l_r = 2 \cdot 200 = 400 \text{ мм.} \quad (2.2)$$

Шаг опор под загрузочным устройством

$$l_{\text{загр}} = 0,5l_r = 0,5 \cdot 200 = 100 \text{ мм.} \quad (2.3)$$

Ширину ленты определяют исходя из заданной производительности, скорости перемещаемого груза и выбранного типа несущих роликовых опор. При транспортировании мешков с зерном скорость ленты

$$v = 0,5 \text{ м/с.} \quad (2.4)$$

Для штучных грузов ширина ленты

$$B = b + (0,1 \dots 0,2), \quad (2.5)$$

$$B = b + 0,1 = 0,3 + 0,1 = 0,4 \text{ м.} \quad (2.6)$$

где $b = 0,3$ – ширина груза (может быть принят наибольший из указанных габаритных размеров груза), м.

Поскольку изменение ширины ленты повлечет за собой изменение производительности, после выбора ширины выполняется перерасчет скорости конвейера при перемещении штучных грузов

$$v = \frac{Qt}{m} = \frac{5 \cdot 1}{20} = 0,25 \text{ м/с,} \quad (2.7)$$

где $Q = 18 \text{ т/ч} = 5 \text{ кг/с}$, m – масса груза, кг; t – шаг грузов вдоль ленты, м.

Скорость должна быть близка к рекомендуемой для транспортируемого материала. Диаметр ролика прямой роликовой опоры составляет 89 мм массой 6 кг. Длина конвейера составляет 10 м.

2.2 Тяговый расчет конвейера

Тяговый расчет конвейера производится с целью определения натяжения ленты в отдельных точках трассы, что необходимо для определения прочности тяговых органов. Расчет удобно выполнять методом обхода по контуру натяжения ленты с какой-то точки, возвращаются к ней при полном обходе по контуру трассы конвейера. Эта точка находится в месте набегания ленты на концевой барабан, где ожидается наименьшее натяжение ленты.

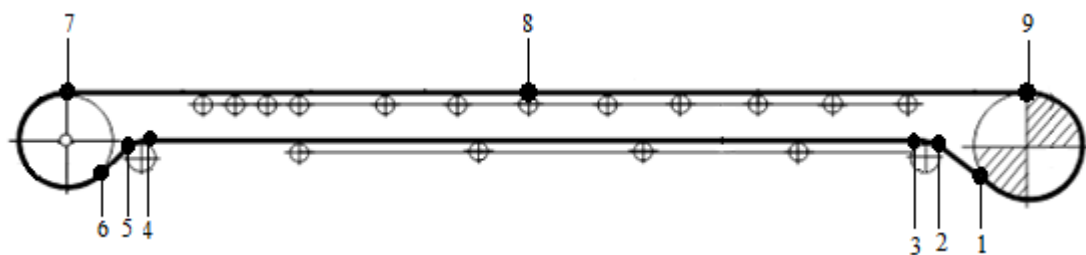


Рисунок 18. Точки сил натяжений КЛ

Распределенная масса ленты $q_l = 3,7$ кг/м, распределенные массы роликовых опор грузовой ветви $q_{гр} = 8,2$ кг/м и холостой $q_x = 2,5$ кг/м. Распределенная масса штучного груза

$$q_g = \frac{G}{t} = \frac{20}{1} = 20 \text{ кг/м}, \quad (2.8)$$

где G – масса одной единицы груза, кг; t – средний шаг уложенного груза, м.

При длине конвейерной ленты равной 20 метров используем винтовое натяжное устройство. Длина ленты верхней части (грузовой) составляет 10 м, нижней (холостой) – 9,91 м.

Наименьшая сила натяжения ленты равна силе предварительного натяжения ленты:

$$F1 = F_{min}. \quad (2.9)$$

Сила натяжения ленты в точке 2 (набегания холостой ветви на отклоняющий барабан) будет складываться из сил натяжения $F1$ и сопротивлений движению ленты W_{1-2} по холостым роликоопорам на участке 1–2 длиной L_{1-2} :

$$\begin{aligned} F2 &= F1 + W_{1-2} = F1 + (q_l + q_x)gL_{1-2}\omega + q_l g = \\ &= F1 + (3,7 + 2,5)9,81 \cdot 0,01 \cdot 0,018 + 3,7 \cdot 9,81 = F1 + 36,308, \end{aligned} \quad (2.9)$$

где коэффициент сопротивления движению ленты для прямых роликоопор $\omega = 0,018$.

Сила натяжения ленты в точке 3 (схода ленты с отклоняющего барабана)

$$F3 = kF2, \quad (2.10)$$

где k – коэффициент увеличения силы натяжения при огибании барабана; $k = 1,05 \dots 1,06$ при угле обхвата 180° ; $k = 1,03 \dots 1,04$ при угле обхвата 90° и более; $k = 1,02 \dots 1,03$ при угле обхвата менее 90° . В нашем случае:

$$F3 = 1,02 \cdot F2. \quad (2.11)$$

Натяжение ленты в точке 4:

$$\begin{aligned} F4 &= F3 + W_{3-4} = F3 + (q_{\text{л}} + q_{\text{х}})gL_{3-4}\omega = \\ &= F3 + (3,7 + 2,5)9,81 \cdot 9,91 \cdot 0,018 = F3 + 10,849. \end{aligned} \quad (2.12)$$

Натяжение ленты в точке 5:

$$F5 = 1,02 \cdot F4. \quad (2.13)$$

Натяжение ленты в точке 6:

$$\begin{aligned} F6 &= F5 + W_{5-6} = F5 + (q_{\text{л}} + q_{\text{х}})gL_{5-6}\omega - q_{\text{л}}g = \\ &= F5 + (3,7 + 2,5)9,81 \cdot 0,01 \cdot 0,018 - 3,7 \cdot 9,81 = F5 - 36,286. \end{aligned} \quad (2.14)$$

Сила натяжения ленты в точке 7:

$$F7 = 1,05 \cdot F6. \quad (2.15)$$

Сила натяжения в точке 8 (точке загрузки материала на ленту):

$$F8 = F7 + F_{\text{заг}}. \quad (2.16)$$

Сопротивление при загрузке материала на ленту зависит от производительности Q , скорости v ленты, начальной скорости $v_{\text{н}}$ груза, трения частиц груза о ленту, о борта направляющего лотка воронки и других факторов.

Скорость $v_{\text{н}}$ падения груза на ленту рассчитаем по приближенной формуле:

$$\begin{aligned} v_{\text{н}} &= \lambda \sqrt{3,2gR_{\text{г}}} \sin \alpha_{\text{ж}} \cos(\alpha_{\text{ж}} + \beta) = \\ &= 0,6 \sqrt{3,2 \cdot 9,81 \cdot 0,005} \sin(10,381) \cos(10,381 + 0) = 0,112 \text{ м/с}, \end{aligned} \quad (2.17)$$

где $\lambda = 0,6$ – коэффициент истечения, $R_{\text{г}} = 0,005$ – гидравлический радиус отверстия истечения, $\alpha_{\text{ж}}$ – угол наклона спускного желоба, $\alpha_{\text{ж}} = \varphi_{\text{в}} + 10 = 10,381$; $\varphi_{\text{в}} = \tan^{-1} f = 0,381$; $f = 0,4$ – коэффициент внешнего трения. Следовательно,

$$F_{\text{заг}} = \frac{Q(v^2 - v_{\text{н}}^2)}{v} = 0,999 \text{ Н}. \quad (2.18)$$

Наконец, сила натяжения в точке 9:

$$\begin{aligned} F9 &= F8 + W_{7-9} = F8 + (q_{\text{л}} + q_{\text{гр}} + q_{\text{х}})gL_{7-9}\omega = \\ &= F8 + (3,7 + 8,2 + 2,5)9,81 \cdot 10 \cdot 0,018 = F8 + 25,428. \end{aligned} \quad (2.19)$$

Для определения силы натяжения $F1$ воспользуемся формулой Эйлера, связывающей натяжение набегающей $F9$ и сбегающей $F1$ ветвей ленты,

$$F9 = F1e^{f\alpha} = K_{\sigma}F1 + \sum W, \quad (2.20)$$

$$\sum W = W_{1-2} + W_{3-4} + W_{5-6} + W_{7-9} = 36,299. \quad (2.21)$$

Исходя из выше описанных формул, запишем следующее:

$$F1 = \frac{\Sigma W}{e^{f\alpha - K_\sigma}}, \quad (2.22)$$

где $K_\sigma = 1,02 \cdot 1,02 \cdot 1,05 = 1,092$ – произведение всех коэффициентов k , $f = 0,4$ – коэффициент внешнего трения, $\alpha = 3,66$ рад.

$$F1 = \frac{36,299}{e^{0,4 \cdot 3,66 - 1,092}} = 11,235 \text{ Н.} \quad (2.23)$$

Натяжение тягового элемента проверяем, исходя из величины допустимого провисания ленты на грузенной ветви, где $l_g = 0,02$ – длина груза на поверхности ленты, $F_{н min}$ – наименьшее значение силы натяжения прорезиненной ленты на грузовой ветви:

$$F_{н min} = 4,5(q_{гр} + q_{л})gl_g = 4,5(8,2 + 3,7)9,81 \cdot 0,02 = 10,507 \text{ Н.} \quad (2.24)$$

В результате вычислений заметно, что

$$F1 \geq F_{н min}, \quad (2.25)$$

тогда условие выполняется и $F1 = 11,235 \text{ Н.}$

Зная силу натяжения ленты в точке 1, определяем силы натяжений в остальных точках:

$$\begin{aligned} F2 &= 11,235 + 36,308 = 47,543 \text{ Н,} \\ F3 &= 1,02 \cdot 47,543 = 48,494 \text{ Н,} \\ F4 &= 48,494 + 10,849 = 59,343 \text{ Н,} \\ F5 &= 1,02 \cdot 59,343 = 60,53 \text{ Н,} \\ F6 &= 60,53 - 36,286 = 24,244 \text{ Н,} \\ F7 &= 1,05 \cdot 24,244 = 25,457 \text{ Н,} \\ F8 &= 25,457 + 0,999 = 26,456 \text{ Н.} \end{aligned} \quad (2.26)$$

Толщину конвейерной ленты определяем толщиной и количеством тканевых прокладок, а также толщиной резиновых обкладок (верхней и нижней). Количество прокладок ленты подсчитываем из условия прочности тканевой ленты на разрыв:

$$i_{\pi} = \frac{F_{max}K_s}{\sigma_p}, \quad (2.27)$$

где $F_{max} = F5 = 60,53$ – максимальная сила натяжения ленты, Н. $K_s = 9$ – коэффициент запаса прочности ленты; $\sigma_p = 200$ – предел прочности на разрыв одной прокладки ленты, следовательно:

$$i_{\pi} = \frac{60,53 \cdot 9}{200} = 2,724, \quad (2.28)$$

тогда количество прокладок ленты приравняем 3.

А толщина ленты равна

$$\delta = i_{\pi}\delta_0 + \delta_1 + \delta_2 = 1,6 \cdot 3 + 6 + 2 = 12,8 \text{ мм,} \quad (2.29)$$

где δ_0 – толщина прокладки; δ_1 – толщина верхней (рабочей) обкладки; δ_2 – толщина нижней обкладки.

2.3 Выбор электрического привода ленточного конвейера

При выборе электродвигателя необходимо, чтобы его потребная мощность,

$$P_{\text{дв}} \geq \frac{W_o v}{1000 \eta} = \frac{(F_{\text{max}} - F_1) v}{1000 \eta} = \frac{(60,53 - 11,235) 0,25}{1000 \cdot 0,9} = 0,014 \text{ кВт}, \quad (2.30)$$

где W_o – окружная (тяговая) сила на приводном барабане, Н; v – скорость конвейера; η – КПД передаточного механизма привода конвейера.

При изгибе ленты на барабане (приводном, натяжном) внутренние слои ленты подвергаются сжатию, а наружные – растяжению. Между слоями возникают касательные напряжения, которые тем больше, чем меньше диаметр барабана D_6 . Максимальное натяжение лента имеет на приводном барабане, поэтому для уменьшения напряжений изгиба его диаметр принимаем наибольшим. Правильность выбора диаметра барабана проверяют по среднему давлению $q_{\text{ср}} = 100 \text{ кПа}$:

$$D_6 \geq \frac{360^\circ W_o}{q_{\text{ср}} \pi \alpha f B} = \frac{360 \cdot 0,049}{100 \cdot 3,14 \cdot 210 \cdot 0,4 \cdot 0,4} = 0,01672 \text{ м}, \quad (2.31)$$

где W_o – окружная, тяговая сила на приводном барабане, кН; α – угол обхвата барабана лентой, °; f – коэффициент сцепления ленты с барабаном; B – ширина ленты. Следовательно, диаметр барабана равный 0,4 м выбран был правильно.

Так же необходимо провести и кинематический расчет. Частота вращения приводного барабана

$$n_6 = \frac{60v}{\pi D_6} = \frac{60 \cdot 0,25}{3,14 \cdot 0,4} = 11,943 \text{ мин}^{-1}. \quad (2.32)$$

Определяем передаточное число привода для частоты вращения выбранного по мощности электродвигателя:

$$u = \frac{1340}{11,943} = 112,203. \quad (2.33)$$

Вращающий момент на валу приводного барабана конвейера

$$T_6 = \frac{W_o D_6}{2} = 9,859 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.34)$$

а с запасом в 25%:

$$1,25 T_6 = 12,324 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.35)$$

Наиболее рациональным вариантом выбора является привод, состоящий из электродвигателя АИР 71В4/1340 (частотой вращения $n_d = 1340 \text{ мин}^{-1}$) и цилиндрического трехступенчатого редуктора ЦЗУ-160-100 с передаточным числом $u_p = 100$ и номинальным вращающим моментом на тихоходном валу $1000 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Далее уточняем скорость ленты

$$v = \frac{3,14 \cdot 1340 \cdot 0,4}{60 \cdot 100} = 0,281 \text{ м/с}, \quad (2.36)$$

данное значение близко к установленной нами ранее скоростью конвейерной ленты. [1]

2.4 Расчет электрического двигателя

Ниже представлены технические характеристики двигателя АИР 71В4/1340:

— номинальная мощность	$P_{\text{НОМ}} = 0,55 \text{ кВт};$
— номинальное напряжение питания	$U_{\text{НОМ}} = 220 \text{ В};$
— номинальная частота вращения	$n_{\text{НОМ}} = 1500 \text{ об/мин};$
— номинальный момент вращения	$M_{\text{НОМ}} = 3,05 \text{ Н*м};$
— номинальный ток	$I_{\text{НОМ}} = 4,3 \text{ А};$
— момент инерции нагрузки	$J_{\text{н}} = 0,225 \text{ кг*м}^2;$
— момент инерции двигателя	$J_{\text{дв}} = 0,15 \text{ кг*м}^2;$
— сопротивление ротора	$R = 0,66 \text{ Ом};$
— индуктивность ротора	$L = 0,01 \text{ Гн}.$

Двигатель работает на напряжение 220 вольт при подключении обмоток в «треугольник».

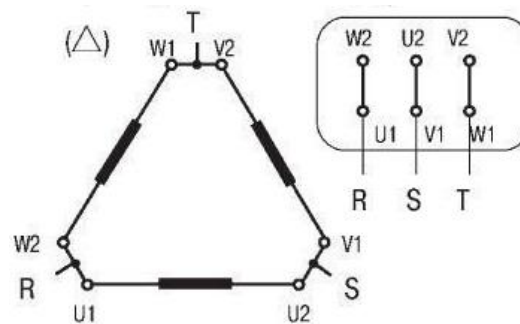


Рисунок 19. Подключение "треугольником"

При таком подсоединении ток фаз равен току питающей сети, разделенному на корень из трех, а напряжение фаз равно напряжению сети.

Аналогично проведенной ранее аналитической работы с винтовым конвейером определим электрические и механические постоянные времени электропривода:

$$C_e = \frac{U_{\text{НОМ}} - I_{\text{НОМ}} \cdot R}{W_{\text{НОМ}}} = \frac{U_{\text{НОМ}} - I_{\text{НОМ}} \cdot R}{n_{\text{НОМ}} \cdot \frac{\pi}{n_{\phi}}} = 0,553 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}; \quad (2.37)$$

$$C_m = \frac{M_{\text{НОМ}}}{I_{\text{НОМ}}} = 0,709 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{А}}. \quad (2.38)$$

Коэффициент передачи двигателя

$$k_{\partial\partial} = \frac{1}{Ce} = 1,807 \frac{pad}{B \cdot c}; \quad (2.39)$$

$$J = J_{\partial\partial} + J_n = 0,375 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (2.40)$$

Механическая постоянная времени двигателя

$$T_M = \frac{J \cdot R}{Ce \cdot Cm} = 0,631 \text{ с}. \quad (2.41)$$

Электрическая постоянная времени двигателя

$$T_{\partial} = \frac{L}{R} = 0,015 \text{ с}. \quad (2.42)$$

Подставляем полученные коэффициенты в передаточную функцию привода

$$W_{\partial\partial}(s) = \frac{w(s)}{U(s)} = \frac{k_{\partial\partial}}{T_{\partial} T_M \cdot s^2 + T_M \cdot s + 1}; \quad (2.43)$$

$$W_{\partial\partial}(s) = \frac{w(s)}{U(s)} = \frac{1,807}{0,631 \cdot 0,015 \cdot s^2 + 0,631 \cdot s + 1} = \frac{1,807}{0,009556 \cdot s^2 + 0,631 \cdot s + 1}.$$

Получили передаточную функцию двигателя АИР 71В4. [2]

2.5 Оборудование схемы управления ленточным конвейером

Схема управления ленточным конвейером включает в себя программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК 160-220.А.М и векторный частотный преобразователь ОВЕН ПЧВ. В качестве датчика обратной связи выбрали тахогенератор. Так как ПЛК и конвейерная установка находятся в непосредственной близости друг к другу, то модули ввода/вывода ОВЕН МВ-110 устанавливать не стоит.

Программируемый логический контроллер **ОВЕН ПЛК 160** (рисунок 20) имеет:

- Мощные вычислительные ресурсы и большой объем памяти.
- Наличие последовательных портов (RS-232, RS-485) на борту контроллера.
- Наличие дискретных и аналоговых входов/выходов на борту контроллера (16 дискретных входов, 12 дискретных выходов, 8 аналоговых входов, 4 аналоговых выходов).
- Наличие порта Ethernet для включения в локальные или глобальные сети верхнего уровня.
- Поддержка протоколов обмена Modbus (RTU, ASCII), ОВЕН, DCON.
- Возможность работы напрямую с портами контроллера, что позволяет подключать внешние устройства с нестандартными протоколами.

- Контроллер имеет встроенные часы, что позволяет создавать системы управления с учетом реального времени.
- Встроенный аккумулятор, позволяющий организовать ряд дополнительных сервисных функций: возможность кратковременного пережидания пропадания питания, перевод выходных элементов в безопасное состояние.
- Питание от сети 220 В переменного тока.

Программирование контроллеров осуществляется в профессиональной, распространенной среде CODESYS v.2.3, максимально соответствующей стандарту МЭК 61131:

- поддержка 5 языков программирования, для специалистов любой отрасли;
- мощное средство разработки и отладки комплексных проектов автоматизации на базе контроллеров;
- функции документирования проектов;
- количество логических операций ограничивается только количеством свободной памяти контроллера;
- практически неограниченное количество используемых в проекте счетчиков, триггеров, генераторов.

Интерфейсы для программирования и отладки: Ethernet, USB, RS-232 (Debug).

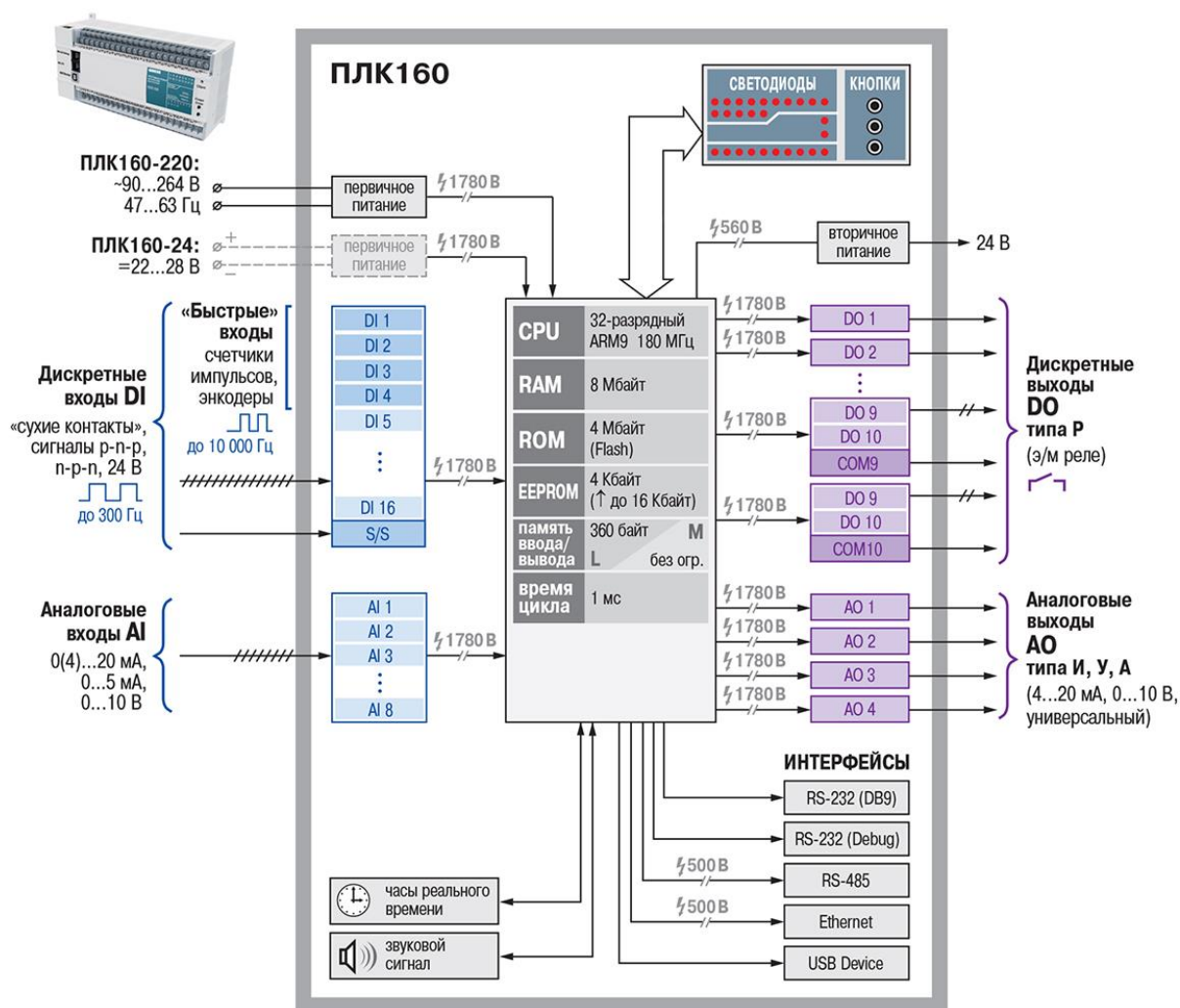


Рисунок 20. Функциональная схема ОВЕН ПЛК 160

Векторный частотный преобразователь **ОВЕН ПЧВ2** осуществляет следующие функциональные возможности.

Векторное управление – метод управления синхронными и асинхронными двигателями, не только формирующим гармонические токи (напряжения) фаз, но и обеспечивающим управление магнитным потоком ротора (моментом на валу двигателя). Векторное управление применяется в случае, когда в процессе эксплуатации нагрузка может меняться на одной и той же частоте, т.е. нет четкой зависимости между моментом нагрузки и скоростью вращения, а также в случаях, когда необходимо получить расширенный диапазон регулирования частоты при номинальных моментах. Это позволяет существенно увеличить диапазон управления, точность регулирования, повысить быстродействие электропривода. Этот метод обеспечивает непосредственное управление вращающим моментом двигателя.

Автоматическая оптимизация энергопотребления - это специализированный алгоритм, который применяется в системах с переменным моментом для регулирования скорости двигателей. При выходе на задание частотный преобразователь ОВЕН ПЧВ автоматически снижает уровень выходного напряжения, точно адаптируясь к изменяющейся токовой нагрузке и уменьшая тем самым расход энергии и акустический шум двигателя.

Спящий режим. Многие приводы не допускают работы на частотах вращения ниже 20–30 Гц. Для энергоэффективного управления такими приводами необходим режим работы с периодическими остановками, более известный как «спящий режим». Такой алгоритм, с одной стороны, защищает привод от перегрева и повышенного износа, связанных с работой на низких частотах, с другой стороны – обеспечивает эффективное управление приводом с поддержанием управляемого параметра (давление, уровень, температура и т.д.) в заранее определенных границах.

Встроенный ПЛК преобразователей частоты ОВЕН ПЧВ дает пользователю возможность реализации дополнительной программы управления и может послужить альтернативой внешнему ПЛК или программируемому реле. В качестве переменных этого встроенного ПЛК могут быть использованы сигналы входов ПЧВ, внутренние события ПЧВ, временные задержки и т.д. Встроенный ПЛК позволяет осуществить все основные функции управления частотным преобразователем ОВЕН ПЧВ: запуск, останов, изменение уставки, реверс, изменение набора параметров, сброс аварии и т.д. Всего программа встроенного ПЛК ПЧВ может содержать до 20 шагов событийной логики.

Автоматическая адаптация двигателя. Это алгоритм расчета модели двигателя, в соответствии с которым осуществляется бессенсорное векторное управление преобразователем частоты ОВЕН ПЧВ с высокой точностью и тепловая защита двигателя. Во время этой процедуры частотный преобразователь ОВЕН ПЧВ измеряет и запоминает актуальные параметры двигателя, чтобы затем использовать их в эквивалентной схеме замещения двигателя в алгоритме управления. Процедура выполняется без вращения вала двигателя (что очень удобно, т.к. не всегда имеется возможность пускать весь агрегат в таком режиме).

Удобная коммуникация. Преобразователь частоты ОВЕН ПЧВ имеет встроенный гальванически изолированный интерфейс RS-485, предназначенный для программирования и диагностики ПЧВ с помощью программы-конфигуратора, обмена данными по сети между ПЧВ и другими устройствами АСУ ТП (ПЛК, SCADA). Набор встроенных протоколов

зависит от конкретной модели ПЧВ. Протокол Modbus RTU поддерживают все ПЧ.

Основные возможности работы с интерфейсом:

- Удаленное управление приводом с помощью командного слова.
- Удаленное изменение уставок и конфигурации управления.
- Отображение аварий и режимов работы с помощью слова состояния.
- Одновременное управление со входов и по RS-485.
- Функции защиты привода при пропадании связи по RS-485.

Плавный пуск. Частотный преобразователь ОВЕН ПЧВ позволяет осуществлять плавный пуск двигателя с минимальной перегрузкой по току (пусковой ток не более 150% от номинального). Для тяжелых применений в преобразователе частоты ОВЕН ПЧВ2 предусмотрен вариант не только линейной, но и S-образной пусковой характеристики. Ее использование позволяет сократить необходимое время запуска под нагрузкой.

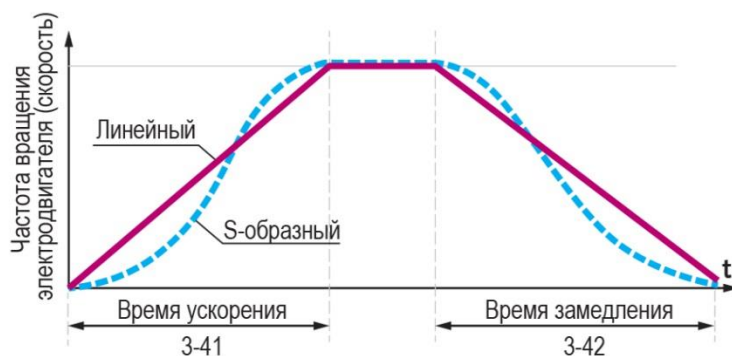


Рисунок 21. Пусковая характеристика ПЧВ

Динамическое торможение. Есть несколько вариантов останова частотного преобразователя ОВЕН. Самый простой из них – останов выбегом, когда с управляемого двигателя просто снимается напряжение. В этом случае останов двигателя является нерегулируемым и, в случае значительной инерции привода, длительным. Нельзя также забывать, что в этом режиме останавливающийся двигатель работает в генераторном режиме, что в некоторых случаях может привести к перенапряжению на звене постоянного тока частотного преобразователя. Поэтому достаточно часто применяют динамическое торможение. В этом случае частотник подает постоянное напряжение на 2 фазы двигателя, что создает постоянное неподвижное магнитное поле. При вращении ротора относительно этого магнитного поля происходит изменение направления электромагнитного момента, т. е. он станет тормозным и под действием этого момента происходит торможение. Кинетическая энергия вращающихся частей

переходит в теплоту, выделяющуюся в цепи ротора за счет токов, индуктированных в ней неподвижным полем статора. Изменяя величину подведенного к обмотке статора напряжения, можно регулировать величину тормозного момента. Основным достоинством этого тормозного режима является точная остановка. Постоянное напряжение можно подводить к обмотке статора только на время торможения. Для рассеивания избыточного тепла в режиме динамического торможения используются тормозные резисторы.

Противопожарный режим. При возникновении пожара и срабатывании пожарного датчика, подключенного к дискретному входу частотного преобразователя ОВЕН ПЧВЗ, частотник останавливает выполнение текущей программы управления и переходит в особый режим работы. Частотный преобразователь может быть остановлен или принудительно включен на работу в разомкнутом контуре управления по *заранее заданной уставке*.

Пуск резонансных частот (байпас). Преобразователь частоты ОВЕН ПЧВ поддерживает функцию байпаса скоростей, когда пользователь имеет возможность исключить из алгоритма работы системы нежелательные для него диапазоны частот вращения привода (например, вызывающие повышенный шум при работе из-за резонанса с внешними частотами). В каждом из наборов параметров может быть запрограммировано по две полосы частот. [3]



Рисунок 22. ОВЕН ПЧВ

Передающей функцией является апериодическое звено первого порядка:

$$W_{\text{ПЧВ}}(s) = \frac{K_{\text{пр}}}{T_{\text{пр}}s + 1} = \frac{1}{0,01s + 1}. \quad (2.44)$$

2.6 Передаточная функция тягового элемента ленточного конвейера

Тяговым элементом ленточного конвейера является сама лента. Передаточной функцией такого элемента является инерционное звено второго порядка с запаздыванием.

$$W_{\text{ленты}}(s) = \frac{e^{-\tau s}}{T_1^2 s + T_2 s + 1} = \frac{e^{-0,05s}}{0,0312s + 0,055s + 1}. \quad (2.45)$$

$$W_{\text{ленты}}(s) = \frac{e^{-0,05s}}{0,000961s + 0,055s + 1}. \quad (2.46)$$

2.7 Передаточная функция обратной связи ленточного конвейера

Передаточная функция тахогенератора, принимаемого в качестве датчика обратной связи, представлена в виде пропорционального звена. [2]

$$W_{\text{ТГ}}(s) = K_{\text{ТГ}} = 1.$$

При подключении тахогенератора к аналоговому входу ПЛК необходимо установить переменный резистор для корректировки входного значения. [3]

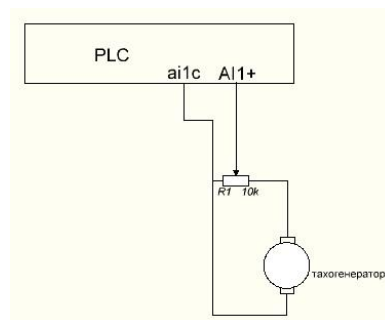


Рисунок 23. Корректирующий резистор

2.8 Оценка качества системы

В пакете Matlab создаем структурную схему управления ленточным конвейером при помощи Simulink.

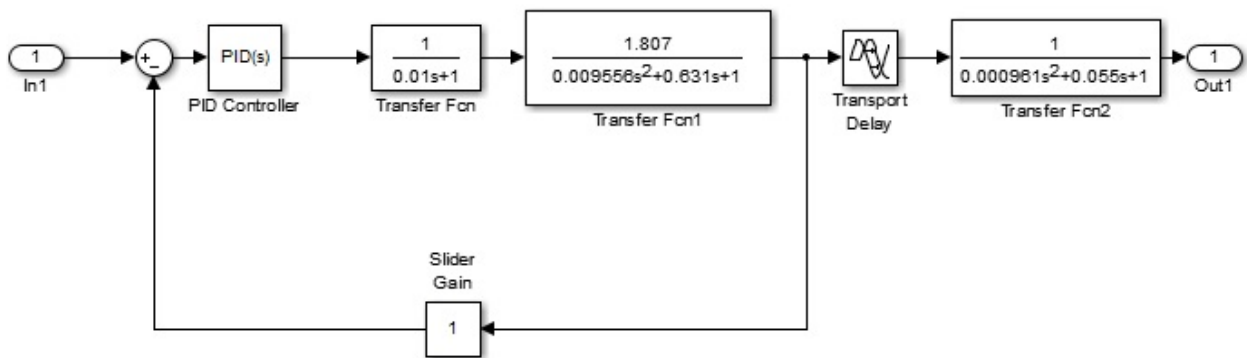


Рисунок 24. САУ ленточного конвейера

В данной схеме использованы следующие блоки:

- PID Controller – ПИД-регулятор, встроенный в ОВЕН ПЛК 160;
- Transfer Fcn – ПФ векторного частотного преобразователя ОФЕН ПЧВ;
- Transfer Fcn1 – ПФ асинхронного двигателя переменного тока АИР 71B4/1340;
- Transport Delay и Transfer Fcn2 – ПФ тягового элемента ленточного конвейера;

- Slider Gain – ПФ обратной связи (тахогенератора).

В ходе проведенной работы по подбору коэффициентов регулирования в ПИД-регулятор было принято выбрать $K_n=1$, $T_u=0,95$ и $T_d=0,01$. А в Transport Delay для параметра Time Delay было принято установить значение запаздывания $\tau=0,05$.

Запускаем модель и видим переходную характеристику САР двигателя ленточного конвейера. На графике переходной характеристики видно, что допустимое значение времени регулирования составляет 3,42 с. и оно является оптимальным, т.к. меньше 4 с. Допустимое значение перерегулирования составляет 0%, что отвечает требованиям устойчивости системы.

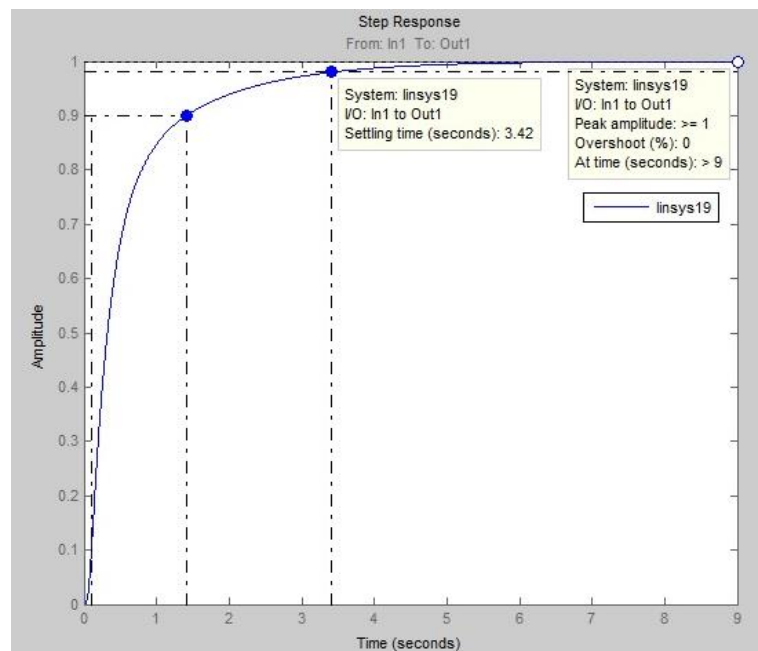


Рисунок 25. Переходная характеристика КЛ

2.9 ЛАФЧХ системы

ЛАЧХ и ЛФЧХ системы возможно получить по разомкнутой структурной схеме.

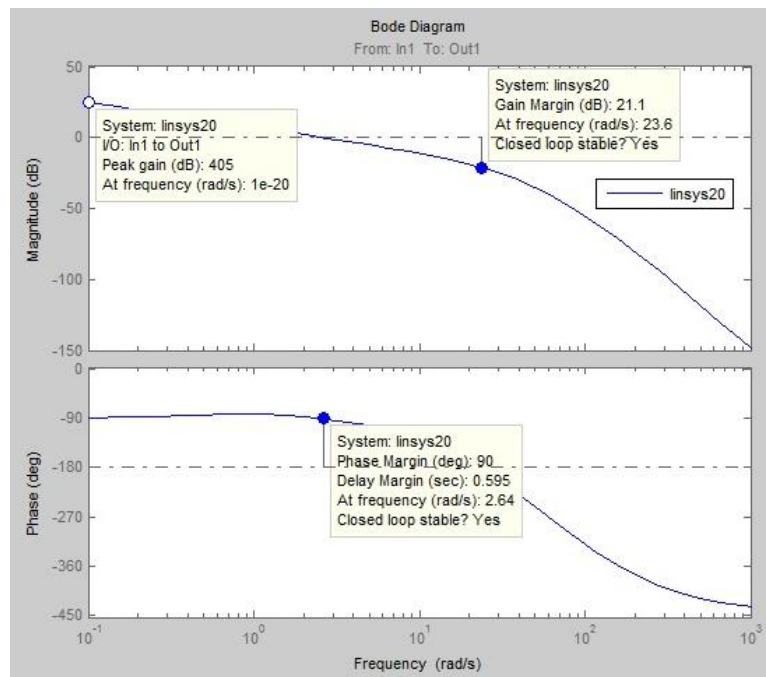


Рисунок 26. ЛАФЧХ КЛ

По графикам видно, что у системы имеется запас устойчивости по амплитуде равным 21,1 dB и по фазе равным 90 deg. [2]

3 РАЗРАБОТКА КОНВЕЙЕРНОЙ СИСТЕМЫ

В первых двух главах были проведены подбор, расчет передаточных функций, построение структурных схем и оценка качества систем автоматического регулирования приводами винтового и ленточного конвейеров.

На данном этапе необходимо эти две системы соединить в одну, для того, чтобы синхронизировать технологический процесс. В синхронизации процессов поможет промышленный логический контроллер, к которому предстоит подключить важные для проведения технологического процесса и состояния оборудования устройства.

Помимо устройств, которые были подобраны ранее, необходимо установить следующие устройства:

- Датчики контроля схода ленты ДКСЛ.
- Датчики экстренной остановки конвейера ДЭК.
- Датчики контроля разрыва ленты ДГПГ.
- Фотодатчик положения груза.
- Аспирационная система.

3.1 Датчик контроля схода ленты

В качестве датчиков схода ленты используем индуктивные датчики с релейным выходом - ДКСЛ-ИН-56-К. Предназначены датчики для контроля аварийного схода конвейерной ленты в сторону и выдачи сигнала (путем замыкания или размыкания электрической цепи) в систему дистанционного или автоматического управления, на всех типах ленточных конвейеров. Способ установки в пространстве - вертикальный. В основе изделия - датчик предельного угла наклона индуктивный, который в отличие от зарубежных аналогов не содержит ртути.



Рисунок 27. ДКСЛ-ИН

Данное устройство позволяет до минимума сократить механические составляющие, обеспечив тем самым высокую степень защиты, надежность и долговечность изделия. Встроенный гидростабилизатор демпфирует вибрацию, исключая возможность ложных срабатываний. Датчики имеют высокую степень защиты.

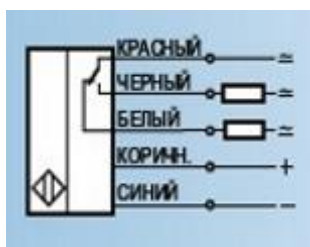


Рисунок 28. Схема подключения ДКСЛ

3.2 Датчики экстренной остановки конвейера

Датчики экстренной остановки конвейера ДЭК-М предназначены для использования в системах управления и автоматизации ленточных и скребковых конвейеров. Они обеспечивают экстренное прекращение пуска и остановку конвейерных приводов с любого места технологических линий конвейерного транспорта. Датчик может быть использован для контроля несанкционированных вскрытий ограждений, защитных кожухов опасных

зон и механизмов. Датчик ДЭК-М-03 "пассивный", имеет «сухой контакт» и для работы не требует питания.



Рисунок 29. ДЭК-М

Датчики ДЭК-М обеспечивают:

- местное управление с помощью ручки на передней панели;
- дистанционное управление через тяговый трос;
- фиксацию отключенного положения после срабатывания;
- механическую блокировку ручки управления в отключенном положении при помощи карабина;
- определение состояния сработавшего датчика при отсутствии сигнала на дискретном входе ПЛК от датчика.

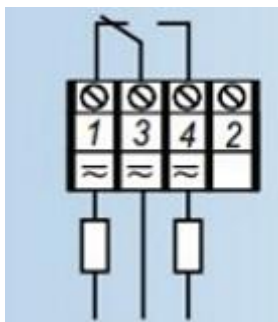


Рисунок 30. Схема подключения ДЭК-М

3.3 Датчики контроля разрыва ленты

Используем датчики контроля положения груза (поперечного разрыва ленты) ДКПГ-17-11-3.



Рисунок 31. ДКП

Этот индуктивный датчик предназначен для контроля поперечного разрыва конвейерной ленты. Устанавливается на раме натяжной станции

(натяжного механизма) в крайних допустимых положениях грузовой площадки. При поперечном разрыве ленты, грузовая площадка, опускаясь вниз, попадает в чувствительную зону датчика, что вызывает изменение его логического сигнала. Датчик ДКПГ может использоваться для контроля несанкционированного вскрытия ограждения, люков, смотровых окон. [4]

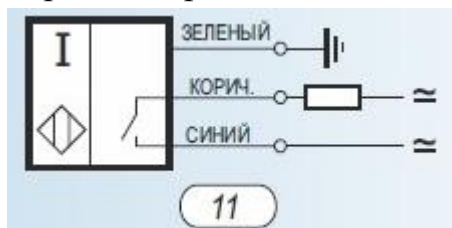


Рисунок 32. Схема подключения датчика

3.4 Фотодатчик положения груза

В качестве датчика положения груза используем фотодатчик BEN10M-TDT двухкомпонентного типа, работает от источника постоянного или переменного напряжения 24 Вольт. Датчик работает на основе способа обнаружения пересечения луча. Датчик имеет встроенный усилитель и миниатюрные размеры. Кроме того, специальные встроенные светодиодные индикаторы позволяют контролировать рабочее состояние датчика на большом расстоянии. Фотодетектором является встроенный фотодиод IC типа.



Рисунок 33. Фотодатчик

Ниже представлена схема подключения датчиков.

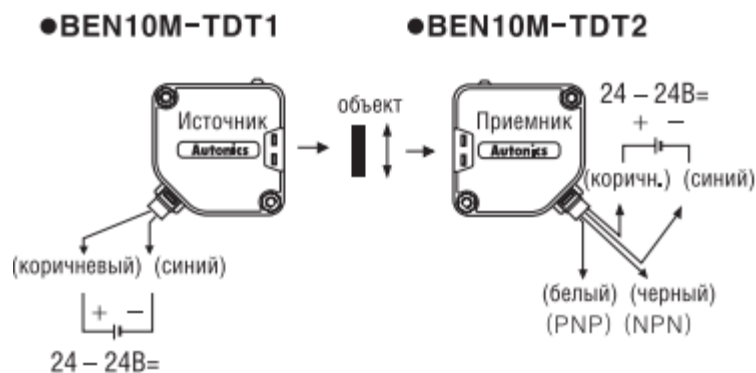


Рисунок 34. Схема подключения датчиков

У этих датчиков имеется и зона чувствительности, которая показана при параллельном сдвиге и угловом перемещении. [5]

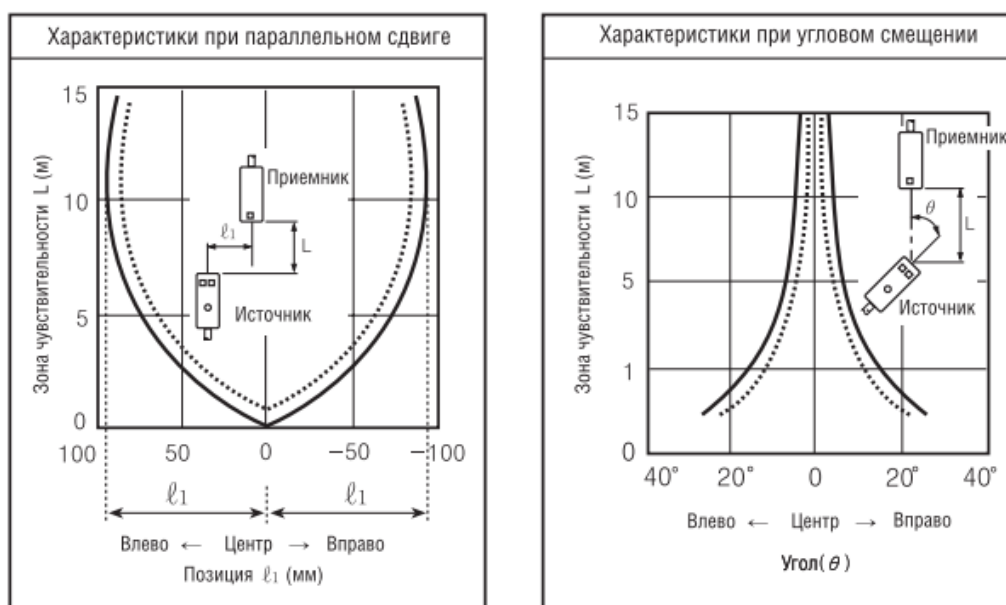


Рисунок 35. Характеристики чувствительности датчиков

3.5 Аспирационная система

В качестве аспирационной системы можно применить вытяжное устройство ВУ-160-220 совместно с улавливающей воронкой. Вытяжные устройства предназначены для эффективного удаления загрязненного воздуха и вредных веществ (пыли и газов), выделяющихся на стационарных и нестационарных рабочих местах в различных производствах.



Рисунок 36. Вытяжное устройство

Вентилятор вытяжного устройства работает от сети переменного тока 220 В. Так же, следует установить фильтр в вытяжном устройстве для исключения выброса пыли в рабочую зону. Вентилятор включается автоматически при подаче электроэнергии в конвейерную систему. [6]

3.6 Структурная схема конвейерной системы

Перед построением функциональной схемы необходимо уточнить схему подключения к ОВЕН ПЛК 160 внешних устройств. Схема расположения и назначения клемм контроллера.

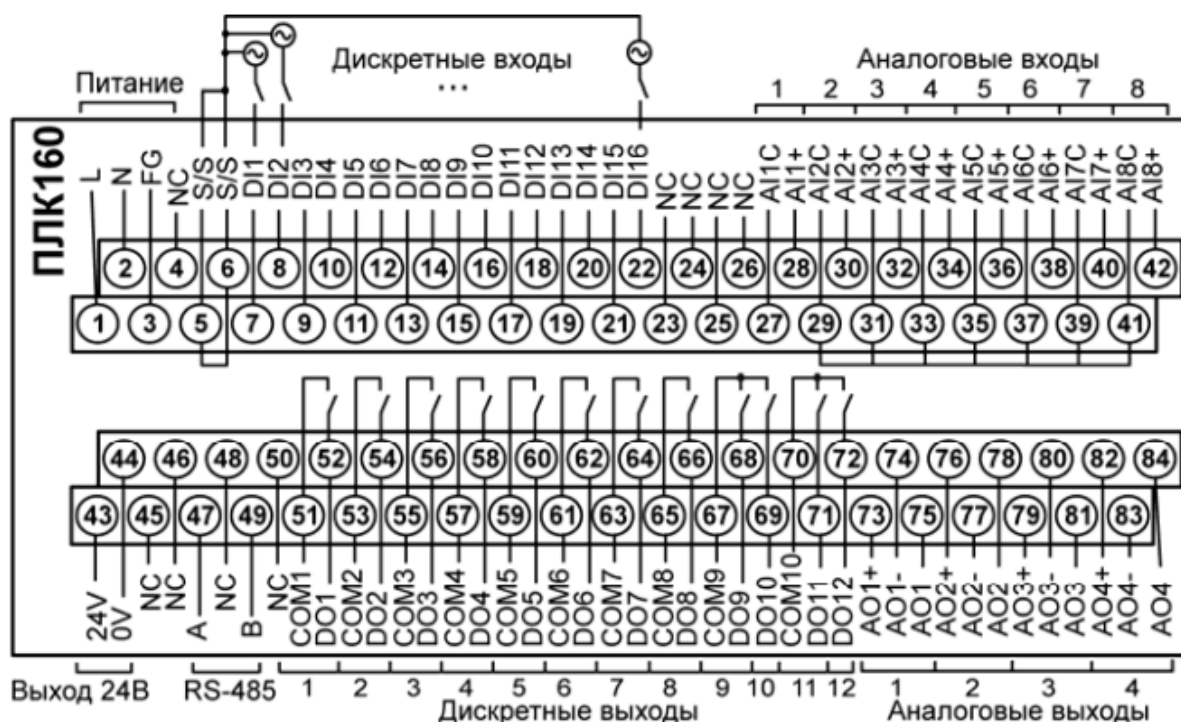


Рисунок 37. Схема клемм контроллера

К дискретным входам DI1-DI4 подключаются выходы с датчика контроля схода ленты, датчика экстренной остановки конвейера, датчика контроля положения груза (поперечного разрыва ленты) и фотодатчика положения груза. На их входы подается напряжение 24В с контактов 5 или 6 S/S. Так же для осуществления работы фотодатчика, необходимо его подключить к питанию 24В (контакты 43, 44).

К аналоговому входу 1 (AI1C, AI1+) подключаем датчик скорости двигателя (тахогенератор), соответственно через корректирующий переменный резистор 10 кОм, а к аналоговому входу 2 (AI2+)- датчик веса (тензорезистор).

К аналоговому выходу 1 подключаем вход векторного частотного преобразователя, а к аналоговому выходу 2 – вход электронного усилителя на базе транзисторов (схема винтового конвейера).

К дискретному выходу DO1 подключаем лампу на 24 В и питание 24 В с клеммы 43, а к COM1 подключаем клемму 44. Аналогично проводим подключения дискретным выходам 2 и 3. Все задействованные светодиоды разного цвета (красный, желтый, зеленый). Так же подключим к 4 дискретному выходу и звуковой оповещатель при аварийных ситуациях.

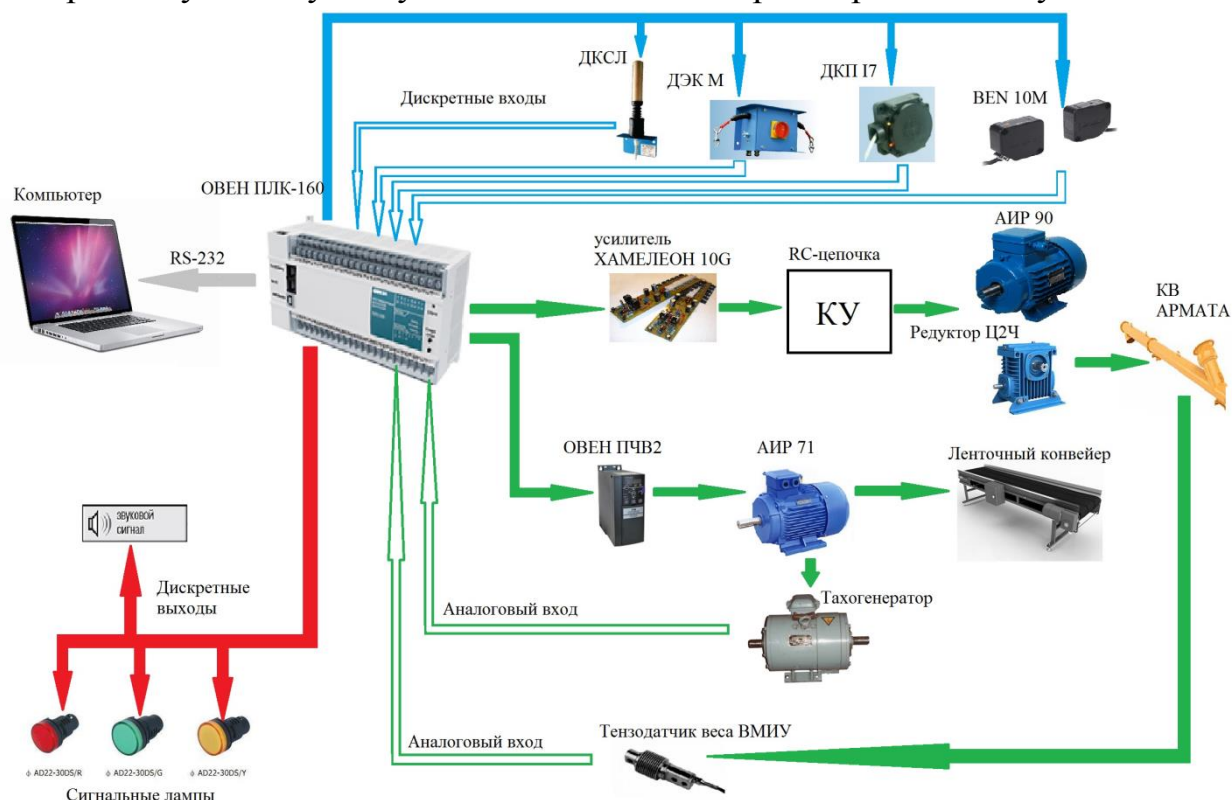


Рисунок 38. Структурная схема конвейерной системы

В качестве обратной связи в схеме управления винтовым конвейером используется тензометрический датчик ВМИУ, который расположен под

лентой конвейера в месте дозировки груза в тару, так как остановка или работа двигателя винтового конвейера будет зависеть от веса дозированного груза. Программирование ПЛК осуществляется в среде CoDeSys V2.3 на компьютере, подключенным к ПЛК через RS-232. [7]

4 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ КОНВЕЙЕРНОЙ СИСТЕМЫ

Для того, что бы реализовать автоматическое управление конвейерной системы, мало просто использовать программируемый логический контроллер, но и необходимо написать программу технологического процесса и программу аварийной ситуации.

При подключении к компьютеру для программирования ПЛК, необходимо будет указать в настройках программы правильный порт и скорость обмена информации. Так же для загрузки программы в ПЛК следует скомпилировать программу, подключить онлайн. А для запуска, необходимо нажать на пиктограмму **старт**.

4.1 Алгоритм программы аварийной ситуации

Алгоритм состоит из четырех условий. Каждое условие направлено на проверку датчиков аварийной службы и технологического процесса. Если каждое из условий в результате получит логическую «1», то будет произведено действие в виде присваивания переменной аварийной ситуации значение TRUE и будут включены красная световая и звуковая сигнализации. Если все условия получают логический «0», то переменной аварийной ситуации будет присвоено значение FALSE и цикл завершится. Данный алгоритм необходимо реализовать в программе и подстроить в программу управления технологическим процессом.

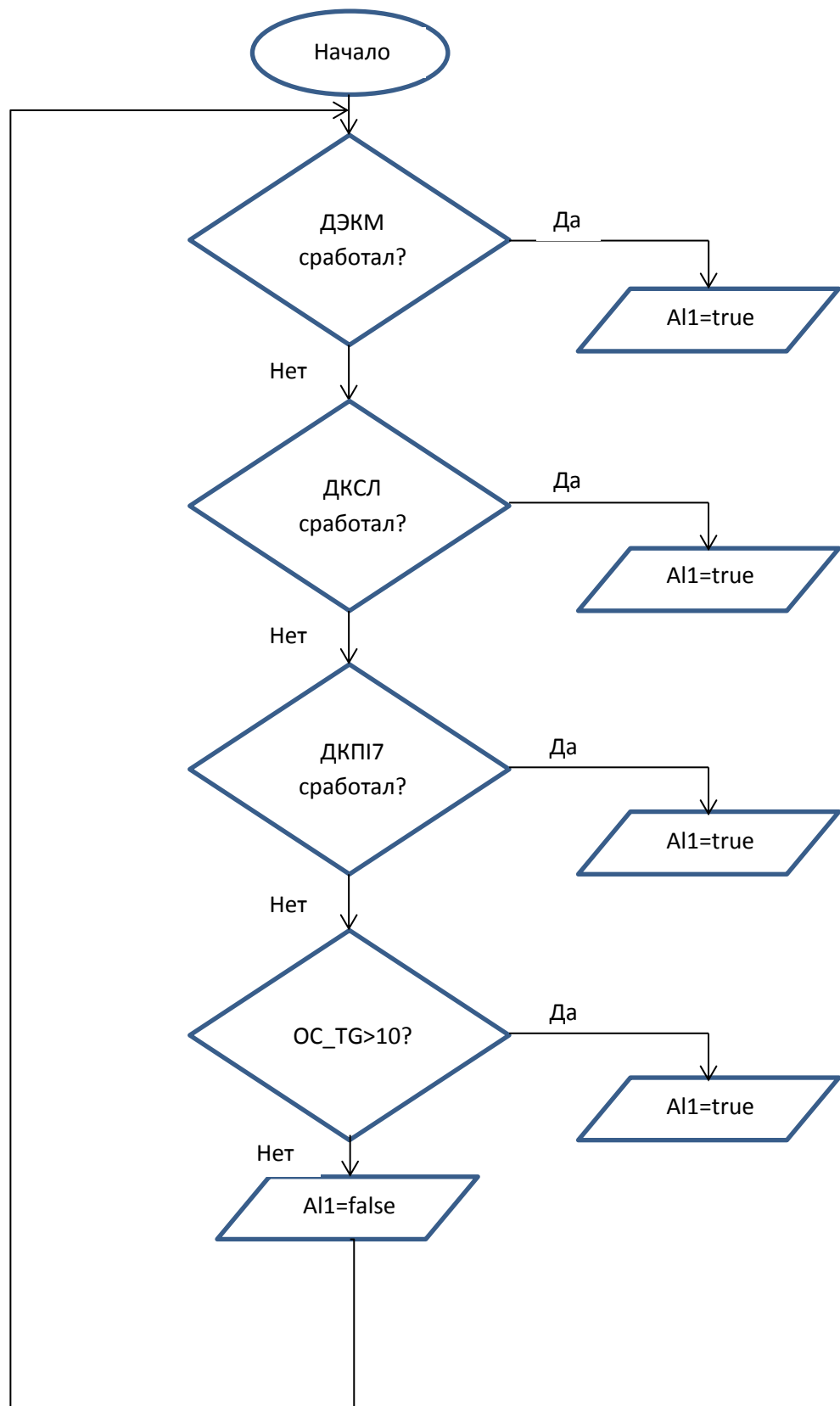


Рисунок 39. Алгоритм программы аварийной ситуации

4.2 Алгоритм программы технологического процесса

Цикл технологического процесса начинается с включения ленточного конвейера и передвижения ленты. Лента конвейера перемещает пустую картонную коробку до тех пор, пока не произойдет преломление луча фотодатчика положения груза BEN 10M. Внутри датчика происходит коммутация и на дискретный вход контроллера поступает 24 В, что соответствует логической «1» и программа останавливает ленточный конвейер. Фотодатчик положения груза расположен так, чтобы картонная коробка была расположена над тензометрическим датчиком веса и под разгрузочной воронкой винтового конвейера. Включается двигатель винтового конвейера, что приводит во вращение винт, перемещая зерно в разгрузочную воронку, затем в картонную коробку. Как только тензометрический датчик веса отправил аналоговый сигнал со значением пропорциональному уставке, программа останавливает двигатель винтового конвейера. Включается ленточный конвейер до тех пор, пока загруженная коробка не перестанет преломлять луч фотодатчика положения груза, что будет соответствовать логическому «0» на дискретном входе ПЛК с датчика. Далее программа возвращается в начало.

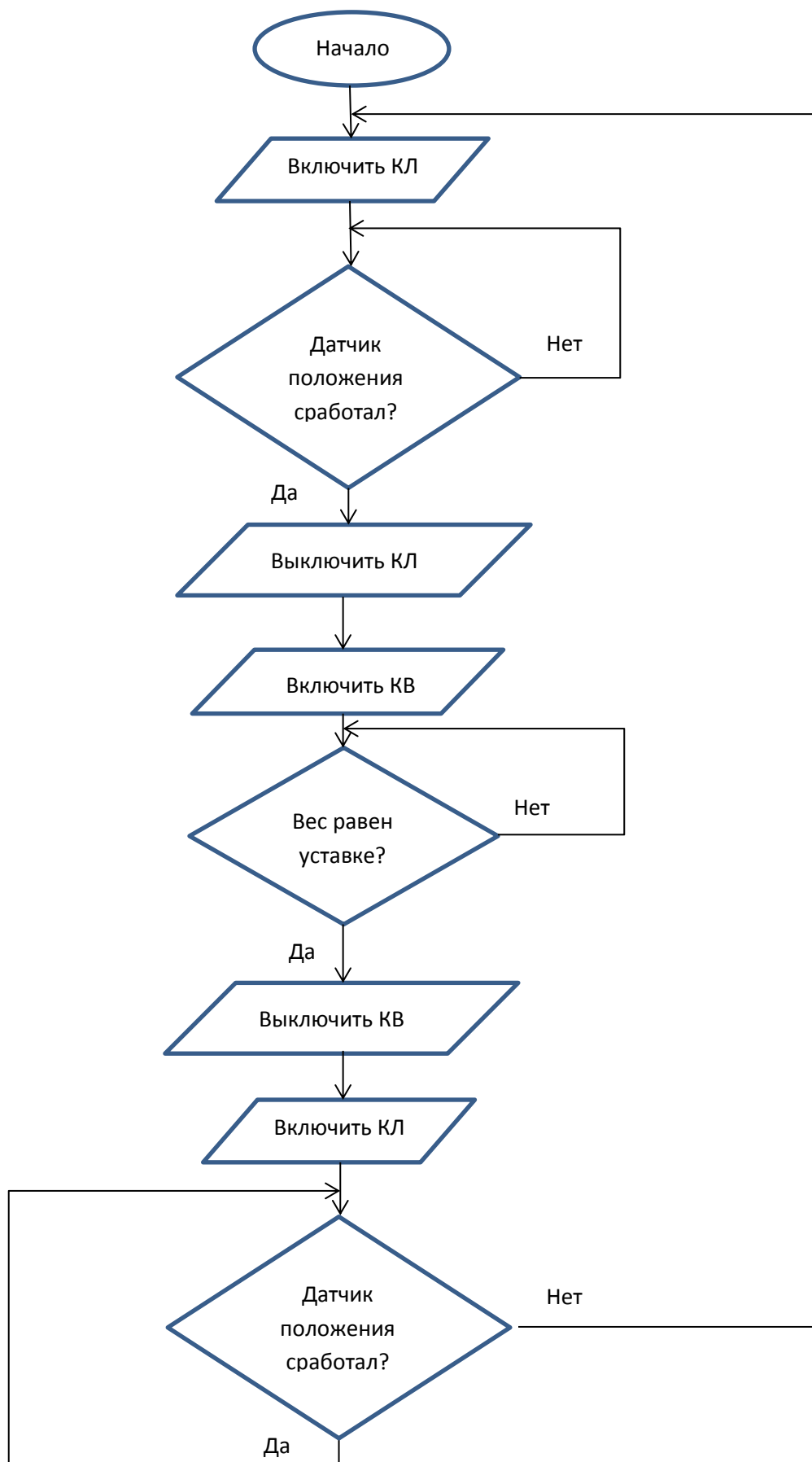


Рисунок 40. Алгоритм программы управления ТП

4.3 Написание программы

Так как система управляется контроллером, то необходимо написать программу в CoDeSys V2.3. Для этого запускаем программный продукт, создаем проект и в настройках целевой платформы выбираем наш ПЛК.

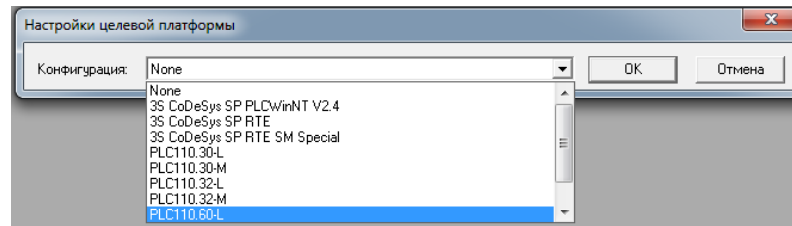


Рисунок 41. Настройка целевой платформы

Соглашаемся и выбираем язык программирования стартовой программы.

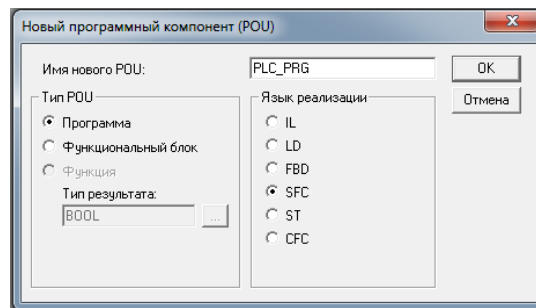


Рисунок 42. Выбор языка

Появится окно со стартовым шагом программы.

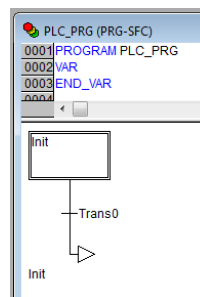


Рисунок 43. Стартовое состояние

Заходим в *организатор объектов* и переходим во вкладку *ресурсы*, нажимаем *конфигурация ПЛК* и меняем параметры дискретных и аналоговых входов и выходов.

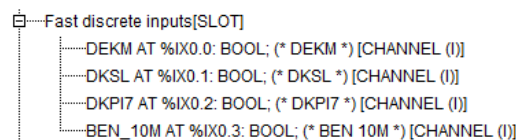


Рисунок 44. Дискретные входы

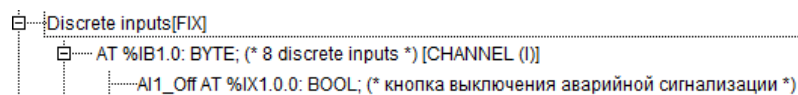


Рисунок 45. Кнопка выключения аварийной сигнализации

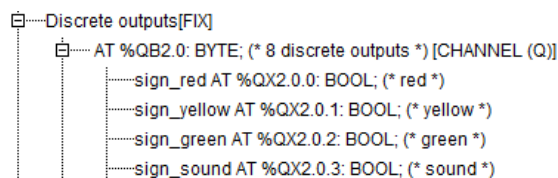


Рисунок 46. Дискретные выходы

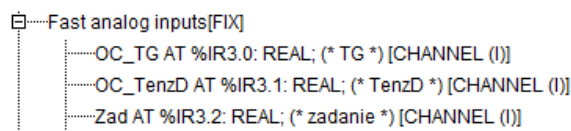


Рисунок 47. Аналоговые входы

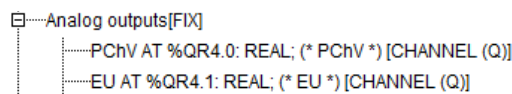


Рисунок 48. Аналоговые выходы

Объявляем переменные в главной программе.

```

0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR
0003     Start: BOOL;           (*стартовый шар*)
0004     PID: PID;              (*ПИД-регулятор*)
0005     OC_TG: REAL;           (*сигнал с тахогенератора*)
0006     Zad: REAL;            (*сигнал задания*)
0007     PChV: REAL;           (*выход на ПЧВ*)
0008     OC_TenzD: REAL;       (*сигнал с датчика веса*)
0009     EU: REAL;             (*выход на электронный усилитель синтового конвейера*)
0010     DEKM: BOOL;          (*сигнал с датчика ДЭК-М*)
0011     DKSL: BOOL;          (*сигнал с датчика ДКСЛ*)
0012     DKPI7: BOOL;         (*сигнал с датчика ДКП I7*)
0013     BEN_10M: BOOL;       (*сигнал с фотодатчика*)
0014     sign_red: BOOL;       (*выход на красный индикатор*)
0015     sign_yellow: BOOL;    (*выход на желтый индикатор*)
0016     sign_green: BOOL;     (*выход на зеленый индикатор*)
0017     sign_sound: BOOL;     (*выход на звуковую сигнализацию*)
0018     sost_value: BOOL;     (*переменная состояния ПИД-регулятора*)
0019     al1: BOOL;            (*переменная состояния аварии*)
0020 END_VAR

```

Рисунок 49. Объявление переменных

В целом, программа управления технологическим процессом выглядит следующим образом. В каждом шаге реализована подпрограмма на языке CFC.

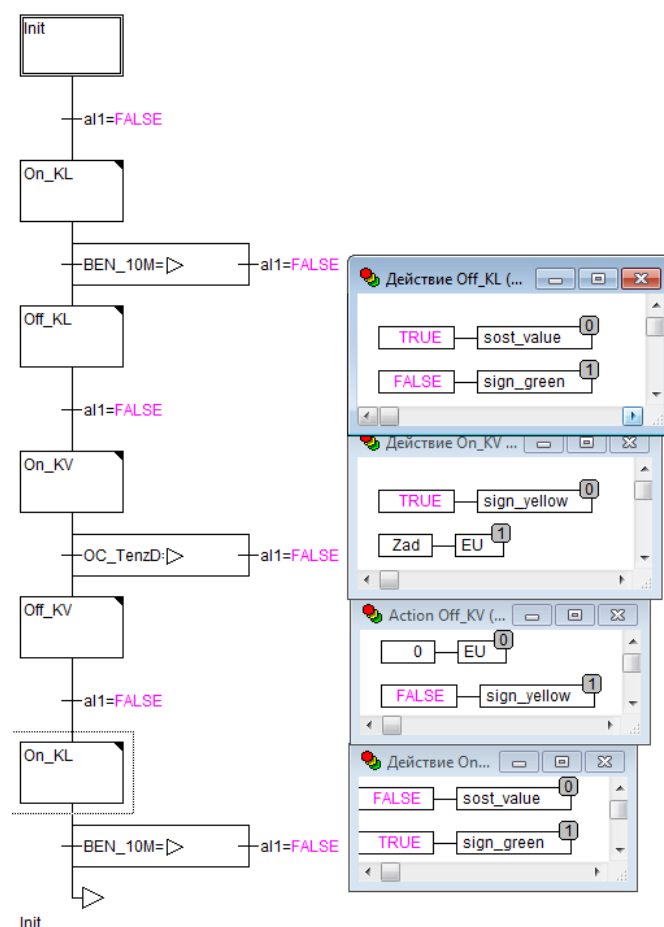


Рисунок 50. Программа управления ТП

Для шага On_KL реализован ПИД-регулятор на языке CFC.

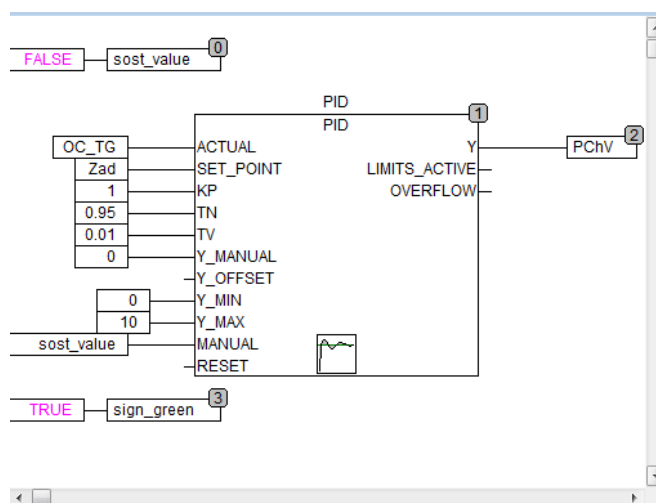


Рисунок 51. Настройки ПИД-регулятора

Параметры ПИД-регулятора CoDeSys следующие:

- ACTUAL – это текущее значение измеряемого параметра, сигнал обратной связи.
- SET_POINT – задание регулятору.
- KP – коэффициент усиления пропорциональной части регулятора.
- TN – время изодрома, постоянная интегрирования (в секундах).
- TV – время дифференцирования (в секундах).
- Y – выход регулятора.
- Y_MANUAL – данное значение устанавливается на выход регулятора Y, когда параметр MANUAL становится TRUE.
- Y_OFFSET – величина, на которую будет смещаться выход регулятора.
- Y_MIN, Y_MAX – минимальное и максимальное значение выхода регулятора ($Y_MIN < Y_MAX$).
- MANUAL – ручной режим. Когда параметр становится TRUE – на выход регулятора подается значение Y_MANUAL.
- RESET – сбрасывает выход ПИД-регулятора в значение Y_OFFSET.
- LIMITS_ACTIVE – становится TRUE, когда выход регулятора выходит за пределы ($Y_MIN; Y_MAX$).
- OVERFLOW – становится TRUE, когда значение интегральной части регулятора переполняется. Это может произойти тогда, когда регулятор с плохими настройками расшатает систему.

Помимо шагов в программе важна и ветвь, в которой прописывается условие перехода к следующему шагу. Во всех условиях проверяется аварийное состояние системы **all=false**, при появлении аварийной ситуации, ветвь не дает программе перейти к следующему шагу и входит в цикл с предыдущим шагом. Во второй ветви добавляется условие **BEN_10M=true** – момент преломления коробкой луча фотодатчика. При не выполнении хотя бы одного условия этой ветви программа к следующему шагу не перейдет. В четвертой ветви дополнительным условием является проверка аналогового сигнала с тензотермического датчика веса **OC_TenzD=2,08** – аналоговый сигнал с датчика 2,08 В, который пропорционален весу груза 20 кг. В шестой

ветви дополнительное условие **BEN_10M=false** указывает на перемещение ленточным конвейером коробки до тех пор, пока коробка не перестанет преломлять луч фотодатчика. Цикл программы управления технологическим конвейером завершен.

Для того, что бы переменная аварийного состояния устанавливалась согласно событию во время производственного процесса, напишем программу аварийной ситуации системы. Для этого в *организаторе объектов* выделяем главную программу, щелкаем правой кнопкой мыши и выбираем *добавить объект*. Выбираем язык программирования SFC и называем программу **AlgAl1**. Конечный вид программы выглядит следующим образом.

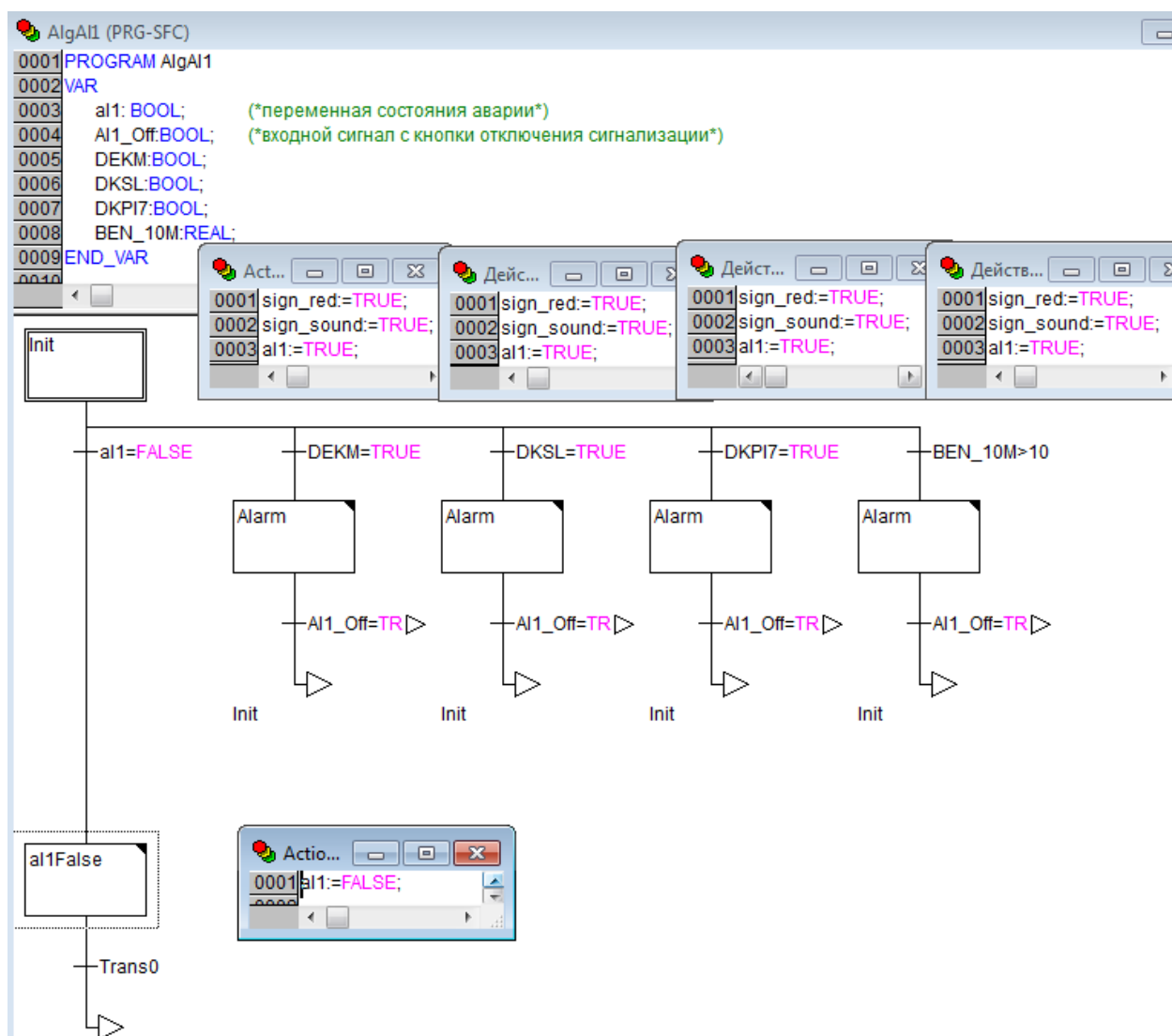


Рисунок 52. Программа аварийной ситуации

В данной программе переменная **Al1_Off** указывает на состояние кнопки отключения аварийной сигнализации, при нажатии кнопки световая в виде красного индикатора и звуковая сигнализации отключаются и цикл

завершается. Если после повторной проверки датчиков аварийного состояния системы, ни один из них не сработает в значение **TRUE**, то программа перейдет к следующему шагу и назначит переменной состояния **all:=false**, что будет соответствовать отсутствию аварии в системе.

Программа управления ТП каждый раз проверяет систему на наличие аварийных ситуаций, что значительно улучшит безопасность. [8]

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В данном разделе рассматривается организация и планирование работ, оценка экономической эффективности разработки импульсной системы автоматического регулирования дозировкой крупно зернистых сыпучих материалов в одноканальной системе массового обслуживания с ограниченной очередью. Данная система может применяться в строительной, химической и сельскохозяйственной промышленности для автоматизации технологического процесса и повышения его эффективности.

Цель данной работы - состоит в разработке конвейерной системы и ее моделирования, написания для нее программного обеспечения.

Для достижения поставленной цели были проведены исследования и решены следующие задачи:

- организация и планирование работ;
- проведение расчета трудоемкости выполнения работ;
- составление плана комплекса работ;
- расчет затрат на проектирование, заработной платы и прочих расходов;
- расчет затрат на внедрение разработки;
- оценка экономической эффективности разработки.

5.1 Организация и планирование работ

Планирование работы заключается в составлении полного перечня работ, необходимых для достижения поставленной задачи; определение участников каждой работы; установление продолжительности работ; построение линейного графика. Успех проведения работы зависит от рационального распределения нагрузки по времени этапов, что позволяет более эффективно распределять и использовать ресурсы её исполнителей; предварительно определить затраты на проведение ВКР.

Предполагаемые в процессе исследования работы объем на стадии, и данные сведем в таблицу 1

Таблица 1. Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка задачи, поиск литературы	НР, И	НР – 100% И – 30%
Ознакомление с литературой	НР, И	НР – 30% И – 70%
Разработка системы	НР, И	НР – 50% И – 100%
Моделирование системы	НР, И	НР – 50% И – 100%
Разработка алгоритма программы	НР, И	НР – 50% И – 90%
Написание программного обеспечения	НР, И	НР – 30% И – 100%
Проведение экспериментальных исследований	НР, И	НР – 50% И – 75%
Редактирование и отладка программы	НР, И	НР – 25% И – 100%
Мероприятия по безопасности и экологичности работы	И	И – 100%
Технико-экономическое обоснование ВКР	И	И – 100%
Составление и оформление пояснительной записки	И	И – 100%
Разработка презентации	И	И – 100%
Защита ВКР.	И	И – 100%

5.1.1 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может осуществляться двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

Первый применяется в случаях наличия достаточно развитой нормативной базы трудоемкости планируемых процессов, что в свою очередь обусловлено их высокой повторяемостью в устойчивой обстановке. Так как в этой работе мы не располагаем соответствующими нормативами, то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Аналоговый способ привлекает внешней простотой и околонулевыми затратами, но возможен только при наличии в поле зрения исполнителя ВКР не устаревшего аналога, т.е. проекта в целом или хотя бы его фрагмента, который по всем значимым параметрам идентичен выполняемой ВКР. В большинстве случаев он может применяться только локально – для отдельных элементов (этапов работы).

Экспертный способ расчета продолжительности этапов работ предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется следующая формула:

$$t_{ож} = \frac{t_{\min} + 4 \cdot t_{\text{prob}} + t_{\max}}{6} \quad (5.1)$$

где t_{\min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{\max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

t_{prob} – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

Эта формула дает более надежные оценки, но предполагает большую «нагрузку» на экспертов.

Для выполнения перечисленных в таблице 5.1 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель ВКР;
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д} \quad (5.2)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, принимаем $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ. $K_{Д} = 1,2$.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (5.3)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} \quad (5.4)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 366$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 14$).

$$T_K = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22$$

Таблица 2. Трудозатраты на выполнение проекта

Этап		Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
						$T_{РД}$		$T_{КД}$	
			t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1		2	3	4	5	6	7	8	9
1	Постановка задания, поиск литературы	НР, И	2	3	2,3	2,76	0,828	3,3672	1,01016
2	Ознакомление с литературой	НР, И	2	3	2,3	0,828	1,932	1,01016	2,35704
3	Разработка системы	НР, И	6	10	7,4	4,44	8,88	5,4168	10,8336
4	Моделирование системы	НР, И	1	2	1,3	1,56	0,468	1,9032	0,57096
5	Разработка алгоритма программы	НР, И	2	5	3,5	2,1	3,78	2,562	4,6116
6	Написание программного обеспечения	НР, И	6	11	8,1	2,916	9,72	3,55752	11,8584
7	Проведение экспериментальных исследований	НР, И	4	8	6	3,6	5,4	4,392	6,588
8	Редактирование и отладка программы	НР, И	6	9	6,5	1,95	7,8	2,379	9,516
9	Мероприятия по безопасности и экологичности работы	И	6	8	7	-	8,4	-	10,248
10	Технико-экономическое обоснование ВКР	И	6	8	7	-	8,4	-	10,248
11	Составление и оформление пояснительной записки	И	15	19	17	-	20,4	-	24,888
12	Разработка презентации	И	4	5	4,5	-	5,4	-	6,588
13	Защита ВКР.	И	4	5	4,3	-	5,16	-	6,2952
	Итого:					20,154	86,568	24,5879	105,613

Таблица 3. Линейный график работ

Этап	НР	И	Март			Апрель			Май			Июнь		
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1	3,3672	1,01016												
2	1,01016	2,35704												
3	5,4168	10,8336												
4	1,9032	0,57096												
5	2,562	4,6116												
6	3,55752	11,8584												
7	4,392	6,588												
8	2,379	9,516												
9	-	10,248												
10	-	10,248												
11	-	24,888												
12	-	6,588												
13	-	6,2952												

НР –

И –

5.1.2 Расчет накопления готовности проекта

Цель данного пункта – оценка текущих состояний (результатов) работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (i-го) этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

Введем обозначения:

- $TP_{\text{общ.}}$ – общая трудоемкость проекта;
- TP_i (TP_k) – трудоемкость i-го (k-го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;
- TP_i^H – накопленная трудоемкость i-го этапа проекта по его завершении;
- TP_{ij} (TP_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых j-м участником на i-м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, в нашем примере $m = 2$.

Степень готовности определяется формулой (5.5)

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}}. \quad (5.5)$$

Применительно к таблице (2) величины TP_{ij} (TP_{kj}) находятся в столбцах (6, j = 1) и (7, j = 2). $TP_{\text{общ.}}$ равна сумме чисел из итоговых клеток этих столбцов. Расчет $TP_i(\%)$ и $CG_i(\%)$ на основе этих данных содержится в таблице (4).

Таблица 4. Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	ТР _i , %	СГ _i , %
Постановка задачи, поиск литературы	3,362	3,362
Ознакомление с литературой	2,586	5,948
Разработка системы	12,481	18,429
Моделирование системы	1,900	20,329
Разработка алгоритма программы	5,509	25,839
Написание программного обеспечения	11,840	37,679
Проведение экспериментальных исследований	8,433	46,112
Редактирование и отладка программы	9,135	55,248
Мероприятия по безопасности и экологичности работы	7,870	63,119
Технико-экономическое обоснование ВКР	7,870	70,990
Составление и оформление пояснительной записки	19,115	90,105
Разработка презентации	5,059	95,165
Защита ВКР.	4,834	100,000

5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;

- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

5.2.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. В данной работе никакие материалы и изделия не приобретаются, т.к. работа заключается в разработке конвейерной системы и ее программного обеспечения. В связи с этим данную статью затрат не рассчитываем.

5.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = МО/24,83, \quad (5.6)$$

учитывающей, что в году 300 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 25 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе). Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 5.6. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 2. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{ПР} = 1,1$; $K_{доп.ЗП} = 1,188$; $K_p = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{и} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{доп.ЗП}$ применяется при шестидневной рабочей неделе.

Таблица 5. Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	20 099,86	804,00	21	1,699	28685,92
И	14 930,00	601,28	87	1,62	84744,40
Итого:					113430,32

5.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{соц.} = C_{зп} * 0,3$. Итак, в нашем случае $C_{соц.} = 113430,32 * 0,3 = 34029,10$ руб.

5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{Ц}_\text{Э} \quad (5.7)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт; $\text{Ц}_\text{Э}$ – тариф на 1 кВт·час; $t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час. Для ТПУ $\text{Ц}_\text{Э} = 5,257$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} * K_t, \quad (5.8)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{\text{об}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} * K_C \quad (5.9)$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт; $K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Таблица 6. Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{об}}$, руб.
Персональный компьютер	672*0,6	0,3	635,89
Итого:			635,89

5.2.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула

$$C_{AM} = \frac{H_A * Ц_{ОБ} * t_{рф} * n}{F_D}, \quad (5.10)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} . Для ПК в 2016 г. (300 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять $F_D = 300 * 8 = 2400$ часа;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Для ПК примем срок амортизации 2,5 года, тогда $H_A = 1/2,5 = 0,4$

Балансовая стоимость ПК: $Ц_{ОБ} = 23700$.

$$C_{AM} = \frac{0,4 * 23700 * 672 * 1}{2400} = 2654,4. \quad (5.11)$$

5.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

Сюда относятся:

- командировочные расходы, в т.ч. расходы по оплате суточных, транспортные расходы, компенсация стоимости жилья;
- арендная плата за пользование имуществом;
- оплата услуг связи;
- услуги сторонних организаций.

Норма оплаты за проезд на маршрутном транспорте в обе стороны (Северск – Томск – Северск) – 60 руб. Было произведено 15 поездок. Всего затрат: $60 * 15 = 900$ руб.

В данной работе расходов на основе платежных документов не было.

5.2.7 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) * 0,1. \quad (5.12)$$

Для нашего примера это:

$$C_{\text{проч}} = (113430,32 + 34029,10 + 635,89 + 2654,40) * 0,10 = 15074,97 \text{ руб.} \quad (5.13)$$

5.2.8 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Разработка программного обеспечения для диагностики сигналов вибрации двигателя внутреннего сгорания».

Таблица 7. Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	0
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	113430,32
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	34029,10
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	635,89
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	2654,40
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	15074,97
Итого:		165824,68

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 165824,68$ руб.

5.2.9 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Так как мы не располагаем данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере $5 \div 20\%$ от полной себестоимости проекта: $165824,68 * 0,2 = 33164,94$ руб.

5.2.10 Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это: $(165824,68 + 33164,94) * 0,18 = 35818,13$ руб.

5.2.11 Цена разработки ВКР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$Ц_{ВКР} = 165824,68 + 33164,94 + 35818,13 = 234807,75 \text{ руб.} \quad (5.14)$$

5.3 Оценка экономической эффективности проекта

Разработка конвейерной системы направлена на исключение негативного влияния человеческого фактора на технологический процесс.

Использование конвейерных систем способствует применению точных информационных и роботизированных технологий, функционально направленных на улучшение качества технологического процесса.

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на разработку проекта. Задача оценки экономической эффективности инвестиций данного проекта - вложение денежных средств в предприятие с целью уменьшения расходов на оплату рабочей силы. Посредством правильной инвестиционной политики организации достигают своих стратегических и тактических целей. Данный проект относится ко второму направлению инвестирования. Он обычно проявляется в увеличении выручки от реализации продукции, снижении затрат на производство, управление им и т.д.

Определение круга учитываемых при расчете эффектов является одним из исходных пунктов оценки эффективности инвестиций.

5.3.1 Определение срока окупаемости инвестиций (PP – payback period)

Данный показатель определяет продолжительность того периода, через который инвестиции будут возвращены полученной благодаря им прибылью. Чем меньше PP, тем эффективнее проект. Использование показателя

предполагает установление для него приемлемого значения как меры эффективности инвестиций. Используется формула

$$PP = \frac{I_0}{PP_q}, \quad (5.15)$$

где I_0 – величина инвестиций, в нашем случае $I_0 = Ц_{ВКР} = 234807,75$ руб;
 PP_q – годовой эффект. В качестве основы для расчета годового экономического эффекта возьмем оклад высвобождаемого работника с окладом 17250, коэффициентом дополнительных выплат 1,5 и районным коэффициентом 1,3.
Следовательно,

$$\mathcal{E}_r = 17250 * 1,5 * 1,3 * 12 = 269100 \text{ руб.} \quad (5.16)$$

Подставив значения в формулу (5.11), получим:

$$PP = \frac{234807,75}{269100} = 0,87. \quad (5.17)$$

Так как $PP < 1$, то по окончании первого года прибыль от реализации данного проекта превысит инвестиционные расходы. [9]

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данной выпускной квалификационной работе производится разработка импульсной системы автоматического регулирования дозировки крупнозернистых сыпучих материалов в одноканальной системе массового обслуживания с ограниченной очередью. Система разработана с целью автоматизации технологических процессов в сельскохозяйственной, строительной промышленности и др. Работа состоит в разработке системы, моделирования, написании программного обеспечения, его тестировании и отладки. Данная работа проводится на компьютере, на котором оператор контролирует технологический процесс, выполняемый в конвейерной системе.

6.1 Производственная безопасность

Таблица 8. Опасные и вредные факторы при работе конвейерной установки

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Установка оборудования; Электрические подключения;	1. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны(3); 2. Повышенный уровень шума на рабочем месте(4); 3. Повышенный уровень электромагнитных излучений(6).	1. Поражение электрическим током(1); 2. Подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы(2,5).	ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. СанПиН 2.2.4.548–96. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. ПОТ Р М-029-2003. СанПиН 2.2.4.1191–03

6.1.1 Электробезопасность

Оборудование и цепи, содержащие электрические емкости, снабжаются устройствами для снятия с них остаточных электрических зарядов. Электрические провода на конвейере и от конвейера до рубильника должны быть защищены дополнительной резиновой изоляцией. Рама конвейера должна быть заземлена. Блок управления должен обеспечивать равномерное распределение нагрузки между приводными барабанами ленточного конвейера и плавный пуск конвейера при полной нагрузке. Для снятия с ленточного конвейера статического электричества необходимо установить статический токоъемник в районе сбегавшей части конвейерной ленты у приводного шкива или натяжного ролика. Конвейерные ленты должны применяться негорючие, огнестойкие и антиэлектростатические, поверхностное электрическое сопротивление которых не должно превышать 3×10^8 Ом. [14]

Для обеспечения защиты от *случайного прикосновения* к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства: безопасное расположение токоведущих частей (части, которые удалены друг от друга более чем на 2,5 м, считают одновременно доступными); защитные оболочки; защитные ограждения; защитные барьеры (барьеры предназначены для защиты квалифицированных специалистов или проинструктированных лиц и не предназначены для защиты простых лиц); изоляция токоведущих частей (основная, дополнительная, усиленная, двойная); изоляция рабочего места; малое напряжение; защитное отключение.

Для обеспечения защиты от *поражения* электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы: защитное заземление; зануление; выравнивание потенциалов; защитное экранирование; систему защитных проводов; защитное отключение; изоляцию нетоковедущих частей; электрическое разделение сети; малое напряжение; контроль изоляции; компенсацию токов замыкания на землю; электроизоляционные средства; средства индивидуальной защиты.

Технические способы и средства необходимо применить отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита при нормальном функционировании электроустановок и при возникновении аварийных ситуаций. [10]

6.1.2 Требования к подвижным частям производственного оборудования и передвигающимся частям

Конвейеры устанавливаем в соответствии с планировками на прочные основания или фундаменты, выверяются и закрепляются. Элементы и детали конвейеров не должны иметь травмоопасных острых углов, кромок и поверхностей с неровностями, являющихся потенциальным источником опасности. [11]

Требования охраны труда при эксплуатации ленточных конвейеров. Бункеры, направляющие лотки, загрузочные воронки конвейеров обеспечивают равномерную и центрированную подачу груза на несущее полотно. В загрузочной части конвейера, как правило, устраивали борта с уплотнителями. Конвейер оснастили по всей длине бортами высотой не менее 200 мм. Для исключения падения груза при его передаче с конвейера на спуск концы отводных шлагбаумов вплотную примыкают к борту конвейера и спуска. Конструктивные элементы конвейера массой более 50 кг, подлежащие подъему или перемещению при монтаже, демонтаже, ремонте, должны иметь приливы и отверстия.

Движущиеся части конвейера, к которым в зонах рабочих мест возможен доступ работников, ограждены, за исключением частей, ограждение которых невозможно по их функциональному назначению. Конструкция конвейера предусматривает установку загрузочных и разгрузочных устройств для равномерной и центрированной подачи груза на конвейер и его разгрузки.

Защитное ограждение конвейера откидное (на петлях, шарнирах), изготовленное из отдельных секций. В ограждениях предусмотрены дверцы и крышки, которые снабжены приспособлениями для надежного удержания их в закрытом (рабочем) положении и в случае необходимости быть заблокируют с приводом конвейера для его отключения при снятии (открытии) ограждения. Защитное ограждение конвейера изготовлено из металлических листов.

Ленточный конвейер необходимо оснастить жесткими трех роликовыми опорами, скребками или щеточными устройствами для очистки конвейерной ленты с обеих сторон. Приводной барабан конвейера облицован футеровкой (из резины). Для обеспечения исключения пробуксовки конвейерной устанавливают натяжные устройства.

Неисправные ролики заменяются новыми, ролики должны вращаться легко и не создавать шума. Крепление осей роликов исключает возможность их

выпадения и вертикального перемещения при движении конвейерной ленты. При вращении роликов не должен происходить нагрев соприкасающихся деталей. Конвейер необходимо оснастить тормозными устройствами.

Требование охраны труда при эксплуатации винтовых конвейеров.

Для защиты используют ограждение, выполненное в виде прочных сплошных перекрытий с надежно закрывающимися крышками. Крышки имеют блокировку, отключающую вал винта, когда одна из крышек винтового конвейера снимается (открывается).

Удаление застрявшего между стенкой кожуха и шнеком материала производится после отключения привода винтового конвейера с использованием соответствующего крюка, шуровки и т.п., но ни в коем случае не рукой.

6.1.3 Требования к запыленности

Пуск и работа оборудования должны быть произведены с закрытыми люками, крышками, дверками. Кожух винтового конвейера, должен быть герметизирован и подключен к аспирационной системе. Концевые опоры вала должны иметь уплотнения, препятствующие выбросу возможной пыли из конвейера.

Аспирационная система должна блокироваться с оборудованием и конвейерами для исключения их работы при выключенной вентиляции. [14]

6.1.4 Требования к шуму в помещениях

Производственное оборудование при эксплуатации должно находиться в исправном состоянии, быть отрегулировано, работать без несвойственного ему шума, вибрации и повышенного трения движущихся частей. При работе конвейера периодически создается шум, превышающий предельно допустимые нормы. Работающие в этих зонах обеспечиваются средствами индивидуальной защиты органов слуха. Допустимые уровни шума на рабочих местах в производственных помещениях должны соответствовать нормативным значениям, которые установлены СН 2.2.4/2.1.8.562–96. [13]

Зоны с уровнем звука выше 80 дБ обозначаются знаками безопасности. [14]

6.1.5 Требования, предъявляемые к производственным помещениям и микроклимату в них

В производственных помещениях осуществляется трудовая деятельность людей. Работы с интенсивностью энерготрат 201-250 ккал/ч (233-290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением относятся к категории Пб относятся. Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2 °С и выходить за пределы величин (таблица 9).

Таблица 9. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энерготрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Пб (233 - 290)	17 - 19	16 - 20	60 - 40	0,2
Теплый	Пб (233 - 290)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2

Фазы технологического процесса, функционирование систем вентиляции и отопления влияют на микроклимат рабочих мест. Измерения показателей микроклимата следует провести не менее 3 раз в смену на рабочих местах. Относительная влажность воздуха должна составлять 40-60%, скорость движения воздуха — 0,1 м/с. Чтобы поддерживать оптимальные значения микроклимата, используется система кондиционирования воздуха и отопления. Для увеличения влажности воздуха в помещении нужно применять увлажнители воздуха.

Среднесменная температура воздуха ($t_{вСр}$) рассчитывается по формуле:

$$t_{вСр} = \frac{t_{в}\tau}{8} = \frac{24 \cdot 8}{8} = 24^{\circ}\text{C}, \quad (6.1)$$

где, $t_{в}$ - температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на соответствующих участках рабочего места; τ - время (ч) выполнения работы на соответствующих участках рабочего места; 8 - продолжительность рабочей смены (ч). [12]

Конвейеры оборудуются средствами местного освещения, соответствующими условиям эксплуатации. Температура транспортируемых ленточным конвейером грузов должна соответствовать температуре окружающей среды и составляет приблизительно 24°C .

Производственные помещения соответствуют требованиям пожарной безопасности. Под остеклением защитных фонарей в производственных зданиях, выполненного из листового силикатного стекла установлена защита из металлической сетки. В производственных помещениях высота от пола до низа выступающих конструкций перекрытия составляет не менее 2,2 м, до коммуникаций и оборудования в местах нерегулярного прохода людей - не менее 1,8 м. Производственные помещения имеют естественное, искусственное освещение, отвечающее требованиям строительных норм и правил. Светильники общего освещения установлены на высоте не менее 2,5 м от пола и имеют отражатели, защищающие от ослепления. Применение открытых ламп накаливания не допускается. [14]

6.1.6 Требования к уровню электромагнитных полей

Предельно допустимый уровень напряженности *электростатического поля* при воздействии менее 1 часа за смену устанавливается равным 60 кВ/м. При воздействии ЭСП более 1 часа за смену:

$$\text{ПДУ}_{\text{ст}} = \frac{60}{8} = 7,5 \text{ кВ/м}, \quad (6.2)$$

где 8 – максимальное время воздействия ЭСП.

Оценка ЭМП промышленной частоты 50 Гц осуществляется отдельно по напряженности электрического поля (E) в кВ/м, напряженности магнитного поля (H) в А/м или индукции магнитного поля (B), в мкТл. Нормирование

электромагнитных полей 50 Гц на рабочих местах персонала дифференцировано в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле. Предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м.

Предельно допустимые уровни напряженности периодических (синусоидальных) МП устанавливаются для условий общего (на все тело) и локального (на конечности) воздействия.

Таблица 10. ПДУ воздействия периодического магнитного поля частотой 50 Гц

Время пребывания (час)	Допустимые уровни МП, Н [А/м] / В [мкТл] при воздействии	
	общем	локальном
8	80 / 100	800 / 1000

При необходимости пребывания персонала в зонах с различной напряженностью (индукцией) МП общее время выполнения работ в этих зонах не должно превышать предельно допустимое для зоны с максимальной напряженностью. Допустимое время пребывания может быть реализовано одноразово или дробно в течение рабочего дня. [15]

6.1.7 Требования к размещению конвейеров

При размещении стационарных конвейеров в производственном помещении вдоль их трассы по обе стороны устраиваются проходы для безопасного монтажа, обслуживания и ремонта, а также места для организации механизированной уборки просыпи или упавшего груза.

Конвейеры должны быть установлены так, чтобы расстояние по вертикали от наиболее выступающих частей конвейера, требующих обслуживания, до низа выступающих строительных конструкций (коммуникационных систем) было не менее 0,6 м, от транспортируемого груза - не менее 0,3 м.

Ширина проходов для обслуживания конвейеров должна быть не менее 0,75 м и не менее 1,0 м между параллельно установленными конвейерами с допускаемым уменьшением до 0,7 м при укрытии конвейеров по всей трассе жесткими или сетчатыми ограждениями.

Мостики должны устанавливаться с зазором не менее 0,6 м от наиболее выступающей части транспортируемого груза и не менее 2,0 м от настила мостика до низа наиболее выступающих строительных конструкций (коммуникационных систем) производственного здания. Лестницы переходных мостиков и площадок для обслуживания конвейеров должны иметь ширину не менее 0,7 м, наклон марша - не более 45° при постоянной эксплуатации, не более 60° - при эксплуатации 1 - 2 раза в смену. Настилы мостиков и площадок устраиваются сплошными из стальных рифленых листов с направленным рельефом и должны быть нескользкими. На рабочих площадках вывешиваются таблички с указанием максимально допустимой нагрузки на них.

6.1.8 Требования к системе управления

Ленточные конвейеры оснащаются вспомогательным оборудованием, обеспечивающим их эксплуатацию в заданном режиме и создающим условия для нормальной и надежной работы всех механизмов: загрузочных устройств; центрирующих и очистных устройств; средств контроля пробуксовки, целостности и обрыва ленты; устройств для уборки просыпи и пылеподавления; аппаратуры автоматического управления, сигнализации.

Ленточный конвейер должен быть оснащен устройствами защиты и блокировок: датчиками схода ленты; звуковыми сигнальными устройствами; аппаратами контроля пробуксовки; датчиками уровня загрузки.

Кабель-тросовые выключатели должны размещаться на ставе конвейера со стороны прохода. Ленточный конвейер должен иметь устройства для удаления с поверхности нижней ветви просыпавшихся или упавших грузов.

Конструкция конвейеров предусматривает систему сигнализации, а также систему автоматического останова и отключения привода от источников энергии при опасных неисправностях. Органы управления конвейеров должны быть безопасными, удобными, не требующими значительных усилий для работы, исключать возможность произвольного или самопроизвольного включения и выключения оборудования, иметь необходимые блокировки и аварийные выключатели. Органы аварийного выключения должны быть красного цвета, легко распознаваемыми и доступными. Органы управления, предотвращающие аварийную ситуацию, должны иметь окраску желтого цвета.

У конвейера устанавливается аварийная кнопка «Стоп», с помощью которой при необходимости может быть остановлена вся транспортная система. Пульт управления конвейеров оборудуется сигнальными лампами и ЭВМ оператора, которые показывают движение или остановку каждого конвейера, что способствует предотвращению несогласованности их работы.

Аппаратура управления конвейерной линии должна допускать перевод управления любым конвейером с автоматического на местное (ручное) с сохранением в этом режиме действия всех защит, предупредительной сигнализации и экстренной остановки конвейера. [14]

6.1.9 Возможные опасности

Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний. Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей зависит от: рода и величины напряжения и тока; частоты электрического тока; пути тока через тело человека; продолжительности воздействия электрического тока или электромагнитного поля на организм человека; условий внешней среды. [15]

Причиной таких воздействий может служить неправильная эксплуатация электроприводов, повреждение электропроводки, пусковых и заземляющих устройств отклонение от правил устройства электроустановок, а так же несоблюдение санитарно-гигиенических норм и правил поведения на производстве. Вследствие чего было принято регулярно проверять состояние электрооборудования, изоляции, заземляющих устройств, защиты от утечки токов конвейеров. [10]

Во время эксплуатации конвейерной системы можно получить травмы и нанести вред организму, при пробуксовке конвейерной ленты на приводных барабанах; сбегании конвейерной ленты на роlikоопорах или барабанах до касания ею неподвижных частей конвейера и других предметов; неисправности защит, блокировок, средств экстренной остановки конвейера; отсутствии или неисправности ограждающих устройств; неисправных болтовых соединениях; ненормальном стуке и повышенном уровне шума в редукторе привода; повреждениях конвейерной ленты и ее стыкового соединения, создающих опасность аварии; нарушении футеровки приводного и прижимного барабанов; заклинивании барабанов. [14]

Для уменьшения вероятности появления вышеперечисленных причин опасности необходимо: установить защитные ограждения, различные футеровки, опоры, зажимные и тормозные устройства барабанов, правильно подобранные натяжители и датчики схода ленты. Если же данные поломки появились, то необходима бесперебойная система автоматического регулирования вращением электроприводов со встроенной программой сигнализации и оповещения в аварийных ситуациях.

Практически все перечисленные опасности могут привести еще и к возникновению пожаров, при несоблюдении выше установленных правил. Вследствие чего, имеет смысл установки датчиков пожарной сигнализации в правильно установленных местах.

6.2 Экологическая безопасность

Конвейерная система автоматического дозирования с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий (промышленных микроконтроллеров) положительно сказывается на рентабельности производства, повышается продуктивность работы для уменьшения ресурсоемкости техпроцессов. Экологический производственный контроль подразумевает модернизацию защитного комплекса, обеспечивающего разработку мероприятий, направленных на минимизацию вероятности возникновения нештатных ситуаций.

Защита атмосферы. Основным источником загрязнения является винтовой конвейер, перемещающий зерно по желобу, при трении с которым возникает ничтожно малое количество пыли. Пыль может проходить через неплотно соединенные кожухи нижней части разгрузочной воронки. Благодаря аспирационной системе с дополнительным фильтром, выброс пыли в атмосферу не происходит.

Защита гидросферы. Сброс отходов в гидросферу, исходя из технологического процесса, не происходит.

Защита литосферы. В ходе проведения ремонта оборудования, может возникнуть необходимость замены некоторых частей (разорванные ленты, кожухи и т.п.). Отходы хранятся в специальном помещении отвечающим нормам пожарной безопасности. После чего отправляются заводу-изготовителю на утилизацию или переработку. Механическая переработка данных материалов является экологически безопасной. [16]

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Пожар и возгорание токоведущих и нетокведущих частей. При разработке конвейерной системы и при ее эксплуатации наиболее вероятная ЧС - это возгорание твердых сгораемых материалов токоведущих частей и неэлектрических сооружений в промышленном помещении или здании по следующим причинам:

- возникновение короткого замыкания в месте электропроводки и электроустановки;
- повышение температуры поверхности конвейера из-за перегрузки работы двигателей или системы в целом;
- возгорание при выходе из строя пульта управления оператора с последующим искрообразованием;
- возгорание при выходе из строя искусственного освещения.

Для уменьшения вероятности образования пожара внутри промышленного объекта необходимо провести мероприятия, приведенные ниже. В промышленном помещении (здании) и непосредственно на установке покрасочное покрытие устройств, оборудования и помещений должны соответствовать правилам пожарной безопасности. Использовать современные технологии в системах управления технологическим процессом и аварийным отключением. Своевременное и качественное проведение технических мероприятий оперативным или оперативно-ремонтным персоналом. Правильная установка пожарной сигнализации, контроль наличия средств пожаротушения. Контроль знаний ПБ работников, периодическое проведение мероприятий по ПБ и учебной тревоги для оттачивания навыков действия рабочих при ЧС и предотвращении пожара. А для защиты от пожаров и накопления статического электричества футеровка барабанов и роликов, элементов очистных устройств, направляющие элементы загрузочных и перегрузочных устройств ленточного конвейера изготавливаются из трудновоспламеняемых материалов с поверхностным электрическим сопротивлением, не превышающем 3×10^2 МОм.

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Так как работа конвейерной системы сопровождается с выделением пыли, то лица, имеющие болезни дыхательных путей (например, астма), к работе не

допускаются, лица, не имеющие данные болезни, должны использовать СИЗ и спецодежду, строго выполнять распорядок рабочего дня и соблюдать санитарно-гигиенические нормы, а при приеме на работу – пройти первичный инструктаж, подтвердив свои знания сдачей экзамена по ОТ. Каждый работник имеет право на 15 минутный перерыв для личных потребностей в течение 8 часового рабочего дня.

На предприятие, так же каждый работник должен иметь социальное страхование, проходить два раза в год медосмотр и получать социальную поддержку от профсоюза организации.

6.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Конвейер. Качество конвейерных лент должно соответствовать требованиям соответствующих государственных стандартов, технических условий изготовителя. Конвейерные ленты должны иметь сертификат соответствия. С целью предупреждения на ленточных конвейерах аварийных ситуаций, связанных с разрывом конвейерной ленты, должен осуществляться контроль состояния ленты с выявлением внешних и внутренних повреждений ленты и своевременный ремонт отдельных ее участков. Винтовой и ленточный конвейеры должны быть собраны, установлены и запущены в эксплуатацию при строгом соблюдении правил проектной документации, норм охраны труда и в соответствии с правилами проведения пуско-наладочных работ.

Аспирационные системы. Аспирационные системы являются системами сбора, транспортировки и удаления от производственного оборудования пылегазовых выделений. От состояния и работы аспирационных систем в значительной степени зависит обеспечение санитарно-гигиенического состояния производственной среды, обеспечение теплового и влажностного режимов, чистоты атмосферы на прилегающей территории, отсутствие которой может привести к ряду заболеваний дыхательных путей.

Эксплуатация аспирационных систем производится в соответствии с рабочей инструкцией, отражающей порядок их включения и выключения, порядок обслуживания, периодичность осмотров и очистки магистралей, порядок действия обслуживающего персонала при аварии и др.

Работа технологического и транспортного оборудования, оснащенного аспирационными системами, при неработающей аспирации не допускается. Аспирационные системы (оборудование, воздуховоды) подлежат обязательному заземлению. [14]

Электрическая часть. Конвейерная система должна соответствовать требованиям электробезопасности. Все токоведущие части должны быть изолированы и надежно закреплены в установке, щите и пульте управления. Соответственно, все токопроводящие объекты должны быть заземлены. А под ногами оператора должен быть резиновый коврик или токонепроводящий пол. Щит и пульт управления должны быть защищены от несанкционированного проникновения. Не следует размещать рабочие места с ПЭВМ вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ.

Освещение на рабочем месте должно быть достаточным, для проведения удобной и безопасной работы.

Оператор. Длительная сидячая работа за компьютером сопровождается нагрузкой на позвоночник, частичным нарушением кровообращения, напряжением и усталостью. Если проигнорировать данные симптомы, то они могут развиваться в разного типа болезни. Чтобы избежать данных недугов, необходимо периодически делать гимнастику для тела и глаз. [17]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выпускной квалификационной работы была разработана импульсная система автоматического регулирования дозировки крупнозернистых сыпучих материалов в одноканальной системе массового обслуживания с ограниченной очередью.

Были спроектированы винтовой конвейер и ленточный плоский конвейер, согласно характеру дозируемого груза. К конвейерам были подобраны элементы системы управления. Рассчитаны передаточные функции каждого из функциональных блоков конвейерной системы и был проведен синтез и анализ системы автоматического регулирования каждого из конвейеров, оптимизируя систему в дальнейшем. Добившись удовлетворительной оценки качества системы управления каждого конвейера, сформировали две системы в одну общую при помощи программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК 160. Спроектировали структурную схему управления конвейерной системы и разработали алгоритмы программы состояния аварийной ситуации и программы управления технологическим процессом. В программном продукте CoDeSys V2.3 были реализованы программа состояния аварийной ситуации и программа управления технологическим процессом.

Конвейерная система имеет повышенный уровень безопасности, так как в ней имеются аварийные датчики и управляется программируемым логическим контроллером. А собственный регулятор винтового конвейера создает независимость при возможном сбое регулирующей программы ПЛК 160.

В дальнейшем система может применяться во многих отраслях промышленности, где система автоматического управления просто необходима. В данном случае, необходим будет перерасчет всех элементов винтового и ленточного конвейера, в зависимости от дозируемого груза.

CONCLUSION

As a result of final qualifying work has been developed pulse system of automatic adjustment of the dosage of coarse granular materials in a single-channel queuing system with limited queue.

Screw conveyor and belt conveyor were designed, according to the nature of the metered loaded cargo materials. Elements were picked up to the conveyor system controls. Calculated transfer functions for each of the functional units of the conveyor system and was conducted synthesis and analysis of the system of automatic control of each of the conveyors, optimizing the system further. Having achieved a satisfactory assessment of the quality control system of each conveyor, formed the two systems into one common by a programmable logic controller OWEN PLC 160. Designed structural conveyor system control circuit and have developed algorithms for the state of emergency programs and process control program. In the software product CoDeSys V2.3 program were implemented state of emergency and the process control program.

Conveyor system has a high level of safety, since it has alarm sensors and controlled by a programmable logic controller. And proper control of the screw conveyor creates independence in a possible failure in regulating the PLC 160 program.

In the future, the system can be used in many industries where the automatic control system just is a must. In this case, it is necessary to recalculate all elements of the screw conveyor and the belt conveyor, depending on the metered loaded cargo

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Степыгин В. И., Чертов Е. Д., Елфимов С. А. С79 Проектирование подъемно-транспортных установок: Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2005. – 288 с.; ил.
2. Солодовников В.В. Основы автоматического регулирования. Том 2. Элементы систем автоматического регулирования. Часть 1. Чувствительные, усилительные и исполнительные элементы. М: Машгиз. Редакция литературы по машиностроению и приборостроению, 1959 – 723 с.
3. Электронный ресурс оборудования для автоматизации <http://www.owen.ru/>.
4. Электронный ресурс конвейерной автоматизации <http://glavavtomatika.com/>.
5. Электронный ресурс автоматизации <http://rusautomation.ru/>.
6. Электронный ресурс фильтровентиляционного оборудования <http://www.invent.su/>.
7. Руководство по эксплуатации ОВЕН ПЛК 160.
8. Руководство пользователя. Программирование ОВЕН ПЛК 110 и ПЛК 160.
9. Методические указания. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.
10. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
11. ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
12. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
13. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

14. ПОТ Р М-029-2003. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта (конвейерный, трубопроводный и другие транспортные средства непрерывного действия).

15. СанПиН 2.2.4.1191–03. Электромагнитные поля в производственных условиях.

16. СП 1.1.1058-01. Санитарные правила.

17. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.